الأراضي الجافة

تأليف
كنيث والطون
أستاذ الجغرافيا - جامعة ابردين

ترجمة
الدكتور علي عبد الوهاب شاهين
أستاذ الجغرافيا الطبيعية بجامعة الإسكندرية

١٩٩٠

الناشر منشأة المعارف بالإسكندرية
جلال حزي وشركاه

الأراضي الجــافة

ك . والطـون
أستاذ الجغرافيا بجامعة أبردين

مجموعة الكتب الجغرافية

رئيس التحرير

الأستاذ و . ج . أيست
أستاذ الجغرافيا بجامعة لندن

THE ARID ZONES

By

K. WALTON

Professor of Geography

University of Aberdeen

HUTCHINSON UNIVEBSITY LIBBARY

بسم الله الرحمن الرحيم

«وجعلنا من الماء كل شيء حي»

صدق الله العظيم ،

الأهـــــداء

إلى الأرض العربية الطاهرة

تقــديم

بأستثناء مساحات صغيرة ، يعتبر وطننا العربى من أوضح الأمثلة على المناطق الجافة وشبه الجافة ، والتى تمثل حوالى ثلث مساحة يابس كوكبنا الأرضى وحيث أن هذه الرقعة الشاسعة ــ رغم قسوة الظروف الطبيعية بها وبخاصة المناخية منها ــ تعتبر صمام الأمان فى سد حاجة البشرية أمام الضغط السكانى المتزايد فى البيئات الأخرى الأكثر حنوا على أبنائها ، أتجه أهتمام العلماء على أختلاف مشاربهم وكذلك الهيئات العلمية العالمية إلى هذا الثلث من العالم لدراسة إمكانياته الطبيعية والبشرية بغية التعرف بها ما يستطيعه الانسان من تنظيم إستغلاله بعدما أصبحت لديه من وسائل الاستغلال العلمية لتلك البيئة القاسية .ما يمكنه من التغلب على عقبات وقفت أمام أسلافه وحالت دون إستفادتهم من تلك المناطق التى ربما لم تدعهم الحاجة آنذاك إلى خوض غمار صراع معها

وكواحد من الجغرافيين العرب ، شغلنى كما شغلهم تقديم دراسة جغرافية متكاملة عن تلك البيئة التى تتمثل باجلى صورتها على أرضنا العربية . ولقد أتيحت لى الفرصة الأولى عندما حاضرت للعام الجامعى ٦٠ / ١٩٦١ طلبة الليسانس بقسم الجغرافيا جامعة الاسكندرية عن جغرافية الصحارى كموضوع خاص . ومنذ ذلك الحين أرتبطت مشاعرى الجغرافية بهذه البيئة حتى أتيحت لى فرصة أخرى بالقيام بتدريس هذا الموضوع فى العام الجامعى ٧٠ / ١٩٧١ . غير أنى كنت أحس أن ما توصلت إليه عن بيانات جغرافية عن هذه البيئة لا يكفى تغطية الجوانب الطبيعية والبشرية بحيث يمكن تقديمه كعمل جغرافى متكامل . وعندما صدر كتاب « الأراضى الجافة The Arid Zones » ضمن مجموعة كتب هتشنس ، أحسست بعد قراءته بأنه الكتاب الذى كنت أود أن أقدمه للقارىء تأليفا ، ويرجع هذا لعدة أسباب نجملها فيما يأتى :

أولا : أن مؤلف هذا الكتاب قد تناول بالدراسة كل العناصر الجغرافية البيئة الصحراوية الجافة وشبة الجافة ، ويتضح ذلك من قائمة محتويات الكتاب .

ثانيا : أنه قد أتيحت للمؤلف فرصة زيارة المنطقة العربية وبخاصة لبيبا . وله — كما يتضح من قائمة المراجع — مقالات أحدهما عن واحة جالو بليبيا والآخر عن فصائل الشجيرات فى هضاب برقه .

ثالثا : لقد حرص المؤلف فى كل فصول الكتاب الثمانية أن يكون أستشهاده على الظروف الجغرافية فى المناطق الصحراوية متوازنا فلم يترك منطقة صحراوية فى العالم إلا وأعطاها قدرا من المعرفة كافيا لإبراز مكانها بين المناطق الصحراوية الأخرى ، ورغم ذلك كانت أمثلته التطبيقية مستمدة فى معظمها من صحارينا العربية

رابعا : لم يغفل المؤلف فى دراستة لموضوعات الكتاب المقارنة بين صحارى العالم القديم وصحارى العالم الجديد مستهدفا أيضاح الشخصية الجغرافية لكل منها وإمكانية تطبيق أساليب أستغلال الأرض المستخدمة فى إحداها على الأخرى ، خاصة بعد أستخدام التكنولوجيا الحديثة فى أستغلال الموارد المدنية والزراعية

خامسا : كما لم يغب عن المؤلف فى عرضه لكل موضوع من موضوعات الكتاب مناقشة المشاكل التى يمكن أن تترتب على أستخدام الوسائل الحديثة فى أستغلال الأراضى ، مع محاولة التنبيه إلى إمكانية تجنب هذه المشاكل والتغلب عليها .

سادسا : ولما كانت هذه المناطق الجافة وشبه الجافة تتمتع خلال الفترات الجيولوجية الحديثة (البلايستوسين والحديث) بظروف مناخية أكثر رطوبة مما هى عليه فى الوقت الحاضر ، وكانت تتصف بالاعتدال فى العناصر المناخية الأخرى ، فإن الاستقرار البشرى القديم قد وجد بيئة مناسبة للأزدهار سواء على ضفاف الأنهار المخترقة لتلك المناطق الصحراوية ، أو فى الواحات المبعثرة فى أرجائها ، أو فى المناطق الساحلية والجبلية . ولقد لمس المؤلف هذه السمة فى المناطق الجافة وشبه الجافة ، ولذلك نجدة

كان حريصا على تتبع الأصول الحضارية القديمة لكل نشاط بشرى ، فى تسلسل منسجم ومعالجة علمية واعية توضح أهمية الربط بين استغلال هذه المناطق فى الوقت الحاضر وجذورها الحضارية القديمة .

كانت كل هذه من الأسباب التى دفعتنى إلى نقل هذا الكتاب إلى اللغة العربية حتى يمكن للمهتمين بأستغلال الأراضى الصحراوية الإفادة منه . ولقد حاولت أن أكون أمينا على نقله بأسلوب عربى واضح . وأرجو بهذا أن أكون قد أسهمت بلبنة فى سد فراغ فى مكتبتنا العربية بعمل نشعر ، أمام أمتداد رقعة الأرض الصحراوية من حولنا ، أننا فى أمس الحاجة إليه .

والله ولــى التوفيــق ،،

المترجم

دكتور / على عبد الوهاب شاهين

الفصل الأول

طبيعة وأسباب الجفاف

الأراضى الجافة وشبه الجافه : تعاريف الجفاف .
أسباب الجفاف .

طبيعة وأسباب الجفاف

يعتبر المناخ من العوامل الأساسية فى خلق سمات البيئة الجافة . إذ أنه يتحكم فى الكيفية التى تختلف بها ظاهرات السطح والنبات والحيوان والتربة وأساليب الحياة نوعا ودرجة عن مثيلاتها فى المناطق الرطبة على سطح الأرض . ففى الصحارى الداخلية من آسيا الوسطى وأفريقيا ، وفى السواحل الجافة ذات الضباب الكثيف بكل من بيرو وجنوب غرب أفريقيا ، تعتبر ندرة المياه فى الطبقة العليا من الصخور وفى الإرسابات السطحية من العوامل التى تحد من إستغلال الأرض وتطورها .

ولما كان نقص المياه غالبا ما يعزى إلى قلة الأمطار مع أرتفاع معدلات البخر فإنه من المنطقى إذن أن نبحث عن مدى وأسباب قلة التساقط فى المناطق الجافة التى تشغل حوالى ثلث مساحة اليابس على سطح الأرض . ولكنه لسوء الحظ نجد أن كثافة السكان فى تلك الجهات عادة ما تكون منخفضة بسبب ظروف البيئة ، كما أن التحيلات المناخية الدقيقة لا يمكن أن تعتمد على المحطات العلمية الحديثة الإنشاء كتلك التى أنشأها الفرنسيون فى الصحراء الكبرى والتى أنشأها الصينيون والروس فى آسيا الوسطى . غير أن الاحصاءات التى سجلتها هذه المحطات نادرا ما يصل إمتدادها إلى خمسين عاما ، كما أن محطات الرصد غالبا ما تكون متباعدة . بل إنها حيث وجدت لمدة طويلة لم تكن دائما تسجل البيانات التى يحتاجها الباحث فى علم المناخ أو فى الجغرافيا الحيوية . وينعكس نقص هذه البيانات على الخرائط المناخية التى أنشئت من أرصاد سجلت فى عدد قليل ومتناثر أو متباعد من المحطات وبيانات إستنتاجية للمناطق التى تقع بينها . وإنه لمن الواضح أن الانحناءات البسيطة فى خطوط المطر المتساوى ما هى إلا تعبير عن تعميمات سيصيبها التعديل فى السنوات القادمة .

الأراضى الجافة وشبه الجافة : تعاريف الجفاف :

لهذا النقص فى البيانات المناخية الدقيقة دوره فى المسئولية عن المحاولات العديدة وغير المقنعة فى تحديد هوامش المنطقة الجافة على أساس البيانات المناخية وكذلك فى تقسيم المناطق الجافة إلى أقسامها الأكثر أو الأقل رطوبة . ولما كان الجفاف أساساً هو محصلة العلاقة بين المطر والحرارة والبخر ، فإن من الخطأ تعريف الجفاف على أساس عنصر واحد من تلك العناصر ، وذلك على الرغم من أن المتوسط السنوى لكمية ما يسقط من الأمطار كان يؤخذ باستمرار كدليل بسيط على الجفاف ، فلقد أعتبر بعض الدارسين خط المطر المتساوى ٢٥٤ ملليمتراً (١٠ بوصة) حداً للمناطق الرطبة ، وخط المطر المتساوى ١٢٧ ملليمتراً (٥ بوصة) حداً داخلياً للمنطقة الجافة كما اعتبر الحد الجنوبى للصحراء الإفريقية متفقا مع خط المطر السنوى ٢٥٠ مللمتراً (٩٫٨ بوصة) ، والحد الإستوائى لنطاق السافانا شبه الجاف متمشياً مع خط المطر السنوى ٤٠٠ ملليمتراً (١٥٫٧ بوصة) . ولكن هذه الحدود تعتبر ، على الرغم من ذلك ، حدوداً غاية فى التبسيط لأنها تتجاهل عنصر الحرارة وتأثيره على القيمة الفعلية للأمطار ، إلا أنها قد تكون هامة إذا ماربطت خطوط مطر مختارة بالتغيرات فى خصائص النبات الطبيعى ، واستثمار الأرض وطرق المعيشة . وفى هذا الصدد ، يقال أن خط المطر المتساوى ٤٠٠ ملليمتراً (١٥٫٧ بوصة) يحدد الإمتداد الجنوبى للنطاق الجاف فى شمال إفريقيا ، وهذا له دلالته الواضحة ، فإلى الشمال منه لا تقوم الزراعة دون عمليات الرى ، فالحاجة إذن إلى الرى كثيراً ما تستخدم لتحديد النطاقات الجافة .

وللعمليات الجيوهوفولوجية ، وللنبات الطبيعى ، وكذلك الزراعة ، ولمظاهر أخرى مناخية مثل الفصلية فى سقوط المطر ومدته وكثافته ، من الأهمية ما لكمية المطر ؛ كما ن للدرجة الحرارة التى تؤثر بدورها على معدل ودرجة البخر دلالتها العظمى . فلقد تبين بنك Penck فى عام ١٩١٠ أن البخر يفوق التساقط فى المناطق الجافة عندما جعل

حدود الأراضى الجافة فى الأماكن التى يتساوى فيها البخر مع التساقط . فهناك علاقة واضحة وهامة بين درجة الحرارة والتساقط والبخر ، غير أنه فى الوقت الذى كان تسجيل الحرارة والتساقط ممكناً وبسهولة فى محطات المناطق الجافة ، كان قياس البخر أكثر صعوبة كما كانت أرصاده قليلة ولفترات قصيرة . وقد منع هذا النقص فى البيانات عن البخر مفهوم بنك من التطور على نطاق أكبر ، وقد جعل كثيراً من أسس الجفاف والتصنيفات المناخية المرتبطة بها تعتمد على إستخدام عنصر المطر والحرارة .

وعلى الرغم من قله إحصائيات المطر ، فقد حاول كوبن Koppen فى عام ١٩١٨ الربط بينه وبين الحرارة ليوضح الحدود بين المناطق الصحراوية ومناطق الأستبس . فربط فى نظامه للتقسيمات المناخية الحد الذى يفصل بين المناطق الصحراوية والمناطق الرطبة التى يتوزع فيها سقوط المطر توزيعا واضحاً خلال السنة بخط المطر المتساوى ٢٠٠ ملليمتراً (٧٫٩ بوصة) وذلك عندما يكون المتوسط السنوى للحرارة هو ٥°م ـ ١٠°م (٤١° ـ ٥٠°ف) : لكن هذا الحد يتبع خط المطر المتساوى ٢٢٠ ملليمتراً (١٢٫٦ بوصة) فى المناطق ذات المتوسط الحرارى السنوى ٢٥°م (٧٧°ف) . أما الأرقام المناظرة لهذه الأرقام كحدود تفصل مناطق الاستبس عن المناطق المطيرة (الرطبة) فهى خط المطر المتساوى ٤٠٠ ملليمتراً (١٥٫١ بوصة) عند متوسط حرارة سنوى ٥°م ـ ١٠°م (٤١°ف ـ ٥٠°ف) وخط مطر ٦٤٠ ملليمتر (٢٫٢٥ بوصة) عند متوسط حرارة سنوى ٢٥°م (٧٧°ف) .

والنظرة التحليليه لهذا النظام توضح أن أهمية عنصر المطر تتباين تبعا لفصل سقوطه ، فأمطار الفصل البارد أكثر أثراً فى مناطق تتمتع بدرجة حرارة كافية لنمو النبات حيث أن ما يفقد من المطر عن طريق البخر فى تلك المناطق أقل منه فى تلك التى تسقط عليها الأمطار فى الفصل الحار من السنة . وتتضح هذه الظاهرة بالفرق بين

إمكانية الزراعة لمناطق تتساوى فيما يسقط عليها من أمطار وذلك فى كل من الهوامش السودانية وهوامش البحر المتوسط للصحراء الإفريقية . فهامش الاستبس ، على سبيل المثال ، ينفق وخط المطر المتساوى ٧٥٠ ملليمتراً (٢٩٫٥ بوصة) فى ظل نظام المطر الصيفى ذى متوسط الحرارة السنوى ٢٥°م (٧٧°ف) أما فى المنطقة ذات المطر الشتوى والتى تتمتع بنفس المتوسط السنوى لدرجة الحرارة فإن هذا الهامش يتمشى مع خط المطر المتساوى ٥٣٠ ملليمتراً (٢١ بوصة) . ولقد قام كوبن Koppen بتقسيم مناخى معدل (أعتمد فى تقسيمه الأول على النطاقات النباتية) مرتبطا بتلك الخصائص الفصلية لكل من الحرارة والمطر . فمناخ الاستبس (BS) والمناخ الصحراوى (BW) قد ميز كل منها بالحرف (h) وهو إختصار الكلمة الألمانية 'heiss' ومعناها حار وذلك حيث يزيد المتوسط السنوى للحرارة عن ١٨° م (٦٤٫٤° ف) ؛ وكذلك بالحرف (k) وهذا إختصار لكلمة "Kalt" الألمانية ومعناها بارد حيث يكون المتوسط السنوى للحرارة أقل عن ١٨° م (٦٤٫٤° ف) ويكون متوسط الحرارة لأدفأ الشهور هو ١٨° م أى أنه يتمتع بشتاء بارد . أما الصحارى الساحلية فإنها قد ميزت بالحرف (n) وهو إختصار لكلمة "nebelig" الألمانية ومعناها ضباب وذلك للدلالة على كثرة الضباب والشابورة .

أما Lang و De Martonne فقد إستخدما أسسا أخرى فى رسم خرائط توزيع نسب الرطوبة . واستخدمت هذه الاسس لتحديد المناطق الجافة فى كل من الولايات المتحدة الأمريكية واستراليا . وأدى العمل الذى قام به "Lang" للتوصل إلى ما يعرف باسم « معامل المطر Rain Factor Index » وحصل عليه بقسمة المتوسط السنوى للمطر بالملليمترات على المتوسط السنوى للحرارة بالدرجات المئوية أى $\frac{\text{ط (بالملليمتر)}}{\text{ح (درجة مئوية)}}$ ($\frac{|P_{mm}|}{Tc^{0}}$)[1] . وعرف المناطق التى يصل فيها ناتج

---

(١) الحرف (ط) يرمز به لكمية المطر السنوى بالملليمتر ، والحرف (ح) يرمز به لمتوسط الحرارة السنوى بالدرجات المئوية .

هذه النسبه إلى أقل من (٤٠) بأنها مناطق جافة . ففى بلده « يوما Ynma » فى صحراء أريزونا مثلا يصل ناتج هذه المعادلة إلى (٣٫٥) فى حين أنه لا يصل فى بلدة غدامس فى إقليم طرابلس بليبيا إلا إلى (٠٫٧) فقط . ويصل إلى : الصفر فى المناطق التى لا يتضح فيها سقوط الأمطار مثل عين صلاح فى الصحراء الإفريقية وأسوان فى مصر وكذلك والفس|بي Walvis Bay فى جنوب غرب أفريقيا .

وقد أدخل (دى مارتون) تعديلا طفيفا على معادلة (لانج) فى عام ١٩٢٨ ليحصل على معامل آخر للجفاف| إستخدم فيه بيانات الحرارة والمطر أيضا وأصبحت معادلة :

معامل الجفاف = $\frac{\text{ط}}{\text{ح} + ١٠}$ ($\frac{p}{T + 10}$) حيث ط (p) تمثل متوسط كمية المطر السنوى بالملليمتر ح (T) تمثل متوسط الحرارة السنوى بالدرجات المئوية . وإذا طبقت هذه المعادلة وصل المعدل فى بلدة (يوما Ynma) فى صحراء أريزونا إلى (٢٫٤) وفى بلدة (ليما Lima) إلى (٢٫١) ، وعليه فإن كلتا البلدتين تقعان فى حدود النطاق الصحراوى الصرف الذى حدده (دى مارتون) بمعامل الجفاف (٥) . هذا وقد حدد (كوبن) أيضا الاستبس الجافة ، أى حد الزراعة بدون رى بمعامل الجفاف (١٠) (يصل المعامل فى طهران إلى [٩٫٥]) . وفى عام ١٩٤٢ عدل (دى مارتون) هذه المعادلة بجعلها تتضمن تمثيل المجموع الكلى لمتوسط المطر (ط ١ بالملليمترات ــ p in mm) ومتوسط حرارة| أجف الشهور (ح ١ بالدرجات المئوية ــ t in c°) . ومن ثم أصبحت المعادلة على النحو الآتى :

$$\frac{\frac{\text{ط}}{\text{ح} + ١٠} + \frac{١٢\,\text{ط}_١}{\text{ح}_١ + ١٠}}{٢} \quad \text{أى} \quad \frac{\frac{p}{T + 10} + \frac{12p}{t + 10}}{2}$$

(١) ط١ (ط ١) يرمز به لمتوسط المطر [illegible] (ح١) يرمز لمتوسط حرارة أجف الشهور

وبتطبيق هذه المعادلة على الصحراء الكبرى ووادى الموت Death Valley فى صحراء كاليفورنيا وجد أن ناتجها أقل من (٥) : فى حين أن كلا من (دلفر Delver) و كلورادوا Colorado) تصل قيمة الناتج فيها إلى (١٨) . ومن ثم فإنهما لا تعتبران داخلتان فى النطاق الجاف .

وتعتبر كل من معادلتى (لانج) و (دى مارتون) قابلتين للنقد حيث أنهما يجعلان عملية البخر تبدو وكأنها من شأن الحرارة فقط ، وذلك على الرغم من علاقة هذه العملية بعوامل عدة تشمل كمية الرطوبة فى التربة ، ونوع نسيج التربة وقوة الرياح ، والضغط الجوى ، والرطوبة النسبية ، والغطاء النباتى ثم نمط استخدام الأرض . وبالرغم من هذا فإن تعريف الأراضى الجافة الذى قدمه كل من لانج ودى مارتون ، يعتبر تقريبا مقبولا لاستخدام متوسطات الحرارة والأمطار غير أن كل المعادلات التى تعتمد على المتوسطات تنتهى عادة إلى نتائج غير قاطعة خاصة فى المناطق الجافة التى تتباين فيها كميات الأمطار الساقطة سنويا . فإذا ما قارنا على سبيل المثال معامل الجفاف لديمارتون والذى حسبه لبلدة يوما فى عام ١٨٩٩ بذلك الذى قام بحسابه فى عام ١٩٠٥ ، نجد أن يوما ، قد أصابها فى عام ١٨٩٩ قدر من المطر يصل إلى ٢٥ ملليمتراً (بوصة واحدة) ، أما فى عام ١٩٠٥ فقد سقط عليها أكثر من ٢٨٠ ملليمتراً (١١ بوصة) . واختلاف كميات الأمطار بهذا القدر لا يشجع على الثقة حتى فى معادلات أكثر دقة تهدف إلى وضع الحدود بين الأراضى الجافة والأراضى المطيرة ، أو إلى معرفة درجة الجفاف فى نطاق الأراضى الجافة نفسها .

وفى عام ١٩٢٨ قام Meyer بمحاولة بغية التغلب على مشكلة نقص البيانات الخاصة بمعدلات البخر الحقيقية . فاعتبر أن البخر مظهر أو نتيجة للنقص فى درجة التشبع Saturation Defeit ، ومن ثم يمكن تحديده إذا ما أمكن التوصل إلى أرقام الحرارة والمطر والرطوبة بالنسبية ، وهذا معناه استخدام خصائص الرطوبة الجوية فى محطات تسجيل

الأرصاد . فباستخدام مقدار النقص المطلق فى درجة تشبع الهواء والذى يمكن الحصول عليه بطرح الضغط الفعلى لبخار الماء من ضغط التشبع أى من أقصى ضغط للبخار فى نفس درجة الحرارة السائدة[١] ــ ويمكن الحصول على أقصى ضغط لبخار الماء من جداول نقطة الندى ــ تمكن Meyer من قياس درجة الجفاف بالمعادلة : $\frac{p}{SD}$ حيث p تمثل كمية الأمطار بالمليمترات و SD تمثل مقدار النقص أو الفرق بين الضغط الفعلى لبخار الماء فى الهواء وبين ضغط التشبع . وعلى هذا الأساس ذكر أن حد المناطق شبه الجافة تكون قيمة معادلة (٨٩) أما حد النطاق الجاف فتقل قيمته عن (٤٤) وعلى الرغم من أن معادلة $\frac{p}{SD}$ لم تأخذ فى الأعتبار كل العوامل المتحكمة فى عملية البخر ، إلا أنها تعتبر أكثر دقة من تلك المعادلات التى أقتصرت على بيانات درجات الحرارة والأمطار . وعلى الرغم من أن قيم الرطوبة النسبية أكثر تسجيلا من قيم البخر إلا أن التوصل إليها مازال غير سهل بحيث تكون كافية لتقديم حل عملى للمشكله . ولقد حاول ثورنتويت Thornth-waite ، فى عام ١٩٣١ تحديداً أكثر دقة للمناطق الجافة عن طريق قياس قيمة التبخر بأستخدام المعادلة $\frac{p}{E}$ حيث p تمثل مقدار المطر السنوى و E مقدار البخر بالبوصات . وتعتبر نتيجة هذه المعادلة مقياساً للقيمة الفعلية للأمطار الساقطة وتصل أقصى قيمة لها عندما تكون درجة البخر من سطوح الماء المكشوفة معروفة . ويمكن الحصول على هذا المقياس بتحديد مجموع معدلات $\frac{p}{E}$ لأشهر السنة الأثنى عشر ثم ضربه فى عشر للتخلص من الكسور أى :

$M\ 12\ X\ 10 = \frac{p}{E}$. أما بخصوص المحطات التى يصعب الحصول منها على بيانات عن كميات البخر ، فقد قدم ثورنثويت معادلة معتمدة على المتوسط الشهرى للمطر والحرارة وتتخلص فى ضرب مجموع معدلات $\frac{p}{E}$ لأشهر السنة الاثنى عشر

(١) ضغط التشبع يقصد به ضغط بخار الماء فى الهواء إذا بلغت رطوبته النسبية ١٠٠ ٪ فى نفس درجة الحرارة .

في ١١٥ (المطر / الحرارة ـ ١٠) ٩/١٠ أي

$$\frac{p}{E} = M\ 12\ 115 \left(\frac{p}{T - 10} \right) \frac{9}{10}$$

حيث p تمثل المطر بالبوصات و T تمثل المتوسط الشهري للحرارة بالدرجات الفهرنهيتية . وإذا ما قورنت هذه القيم التي توصل إليها Meyer لحدود المناطق شبة الجافة والجافة وهي (٨٩) ، (٤٤) نجدها على التوالي (٣١) ، (١٦) .

وفي المنطقة التي كانت تعرف سابقاً باسم الصحراء الفرنسية يوجد حوالي ثلاثون محطة أرصاد جوية تقيس كمية البخر . وقد تمكن كابوت ريي Capot - Rey من تحديد حدود الصحراء الافريقية مستخدما بيانات هذه المحطات . كما تمكن من التوصل إلى بيانات القيمة الفعلية للأمطار Rainfall Effeciency (I) بحساب متوسطات معدلات المطر السنوي (p) البخر السنوي (E) ، والمطر (p) / البخر (e) لأكثر الشهور مطرا وفقا للمعادلة الآتية :

$$(I) = \frac{100 \frac{p}{E} + 12 \frac{p}{e}}{2}$$

وقد وجد أنه في المحطات التي تتساوى فيها كميات المطر أن أدنى ناتج لهذه المعادلة يكون في المحطات التي تسقط عليها الأمطار في الشهور الحارة أو الدفيئة . وتدل قيم هذا الناتج التي تتراوح ما بين (٤) ، (٥) على حدود النطاق الصحراوي . ويعتمد نجاح تطبيق مثل هذه الطريقة على وجود مثل هذه المحطات بكثرة أي تلك التي يتم فيها قياس عنصر البخر ، ولهذا نجد أن الحد الشمالي للصحراء الإفريقية قد حدد بدقة أكثر من الحد الجنوبي .

وإذا كان الحصول على كمية البخر فى المناطق الجافة أمرا صعبا فمن الواضح أن عملية النتح التى يقوم بها النبات وهى من الوسائل الهامة لفقد المياه يكون الحصول عليها أكثر صعوبة . ولكن على الرغم من ذلك نجد أن ثورنثويت يؤكد أهمية العلاقة بين البخر والنتح كأكثر الأدلة دقة للتمييز بين أنواع المناخ فى المناطق الجافة . ويطلق على هذه العلاقة تعبير Potantial Evapo-Transpiration أى كمية المياه التى تعود إلى الغلاف الجوى من أرض تكسوها النباتات وتوجد رطوبة كافية لازدهار هذا الغطاء النباتى فى كل الأوقات . وعلى الرغم من أن هذه الظروف ـ حسب هذا التعريف ـ لا تتوفر فى المناطق الجافة ، فإن هذا لا يقلل من قيمة هذه الوسيلة لقياس درجة الجفاف طالما أنها تمثل كمية المياه التى يحتاجها النبات الطبيعى والمحاصيل الزراعية ؛ فهى تعطى دليلا مفيدا لما يحتاجه النبات من مياه الأمطار أو من المياه اللازمة للرى وذلك فى ظل ظروف مناخيه معينة . وذلك دون أعتبار للمشكلات التى تسببها بعض النظم الاجتماعية أو الأقتصادية للمزارعين أنفسهم . هذا وقد وجد أن مقدار معامل الجفاف الذى يمثل حدا للمناطق الجافة ـ طبقاً لمعادلات تورنثويت ، التى توصل إليها عام ١٩٤٨ والتى تربط بين البخر والنتح ـ هو (٤٠) ، أما المعامل الذى يمثل حدا المناطق الهامشية شبه الجافة فهو (٢٠) .

ولكن نظرا لأن عدد المحطات التى تسجل كميات النتح قليلة ، فقد تقدم ثورنثويت بمعادلة مستخدمات فيها بيانات خاصة بدوائر العرض ودرجات الحرارة فقط[١].

---

(١) فى عام ١٩٤٩ تقدم Khosh بمعادلة بسيطة عن فقدان المياة بعامل البخر / نتح بالبوصات هى $Lm = \frac{Tm - 32}{9.5}$ حيث Lm كمية الفاقد الشهرى بالبخر والنتح بالبوصة ، Tm تمثل متوسط الحرارة بالدرجات الفهرنهيتية . فعندما يكون المتوسط الشهرى للحرارة أقل من ٤٠° ف ، يكون الفاقد بالبخر / نتح على النحو الأتى :

المتوسط الشهرى للحرارة	٤٠° ف	٣٠° ف	٢٠° ف	١٠° ف	صفر° ف
كمية الفاقد الشهرى	٠ر١٤	٠ر٧٠	٠ر٦٠	٠ر٥٠	٠ر٤٠

وتكاد هذه القيمة تكون مطابقة أم التطابق مع تلك التى توصل إليها ثورنثويت بحساباته الدقيقة .

وباستخدام هذا الأسلوب تمكن Peveril Meigs فى عام ١٩٥٢ من خريطة لليونسكو (شكل ١) . وهى خريطة للعالم مبين عليها المناطق الجافة مقسمة إلى : شبه جافة ، وجافة وشديدة الجفاف (وقد عرفت المناطق الشديدة الجفاف بأنها تلك التى قد يمر عليها على الأقل أثنى عشر شهراً متتالية دون سقوط أمطار ، وحيث يفتقر سقوط المطر بها إلى الانتظام الفصلى) ويوضح الجدول الآتى مساحة الأراضى الجافة التى تنتمي إلى كل نمط من تلك الأنماط الثلاثة السابقة الذكر :

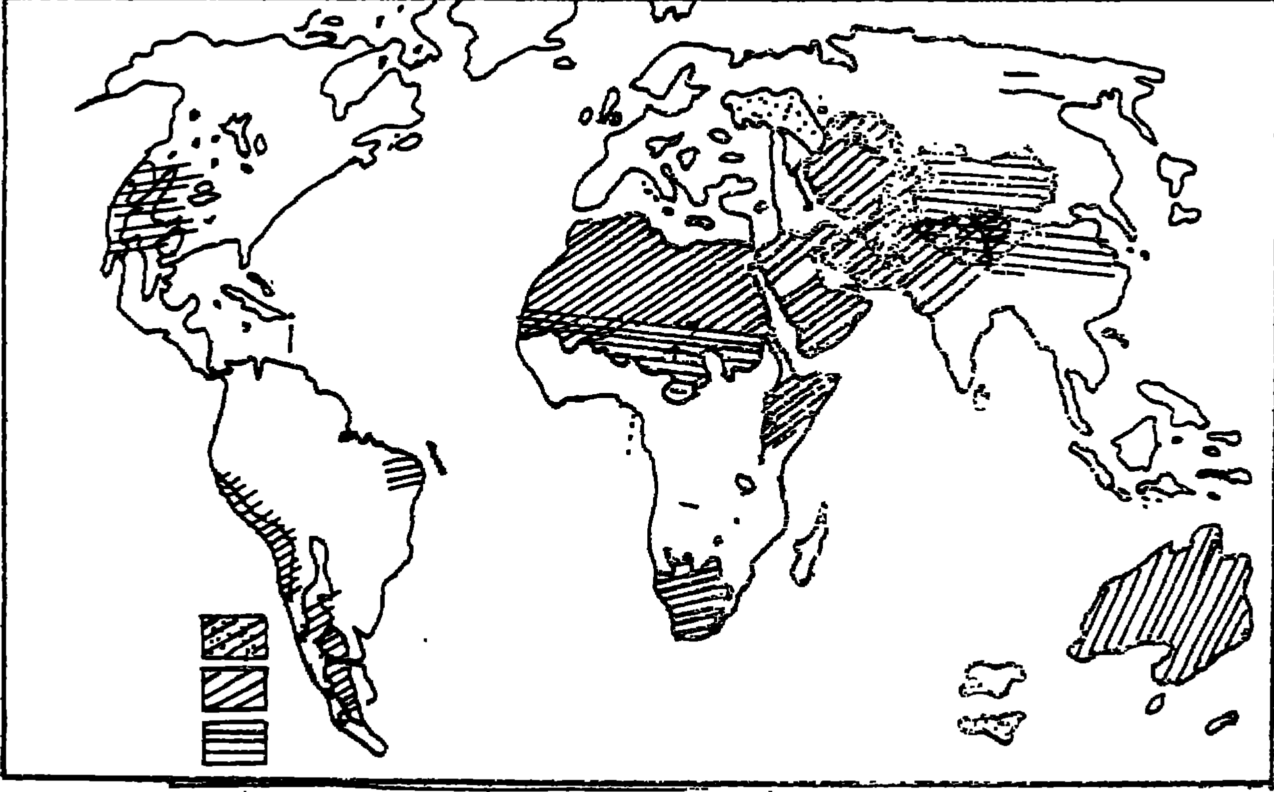
نوع المناطق الجافة	المساحة بالميل المربع	المساحة بالكيلو متر مربع	النسبة المئوية ٪
شبه جافة	٨٫٢٠٢٫٠٠٠	٢١٫٢٤٣٫١٨٠	٤٣٫٤٨
جافة	٨٫٤١٨٫٠٠٠	٢١٫٨٠٢٫٦٢٠	٤٤٫٦٣
شديد الجفاف	٢٫٢٤٤٫٠٠٠	٥٫٨١١٫٩٦٠	١١٫٨٩
المجموع	١٨٫٨٦٤٫٠٠٠	٤٨٫٨٥٧٫٧٦٠	١٠٠٫٠٠

وتمثل الأراضى الجافة عامة حوالى ٢٦ ٪ من مساحة يابس الأرض والتى تصل إلى حوالى ٥٢ مليون ميل مربع (حوالى ١٣٣ مليون كيلو متر مربع) وهناك خرائط ذات مقياس أكبر فى طريقها للأنشاء ، وسوف تمثل هذه الخرائط بصورة أكثر تفصيلا المناطق التى تتمثل فيها خصائص الجفاف .

ولقد وضح أن هناك صعوبات جمة أمام المحاولات الخاصة بوضع معادلات قائمة على أسس مناخية لتوضيح صفة الجفاف ، ويفضل بعض الدارسين أستخدام النبات

---

(١) تحويل المساحة إلى كيلو مترات مربعة وكذلك أستخراج النسبة المئوية من حساب المترجم .



شكل ١ : توزيع درجات الجفاف ، وأحواض التصريف الداخلي ، ومناطق الجريان السطحي غير المنتظم .

عن : (Meigs, by courtesy of UNESCO, and de Martoune)

الطبيعى كأساس فى تلك المعادلات ، هذا مع أفتراض عدم تدخل الأنسان أو الحيوان ، وهو أمر مشكوك فيه ، إذ أن النبات الطبيعى يمكن أن يدل على القيم المناخية فى ظل ظروف تكون فيها التربة متشابهة النشأة . فالنبات الطبيعى فى المنطقة الجافة إما أن يكون محتملا للجفاف أو متجنباً إياه متغلباً عليه (أنظر الفصل الرابع) . والنبات الطبيعى فى المناطق الجافة من النوع المعروف باسم « الزيروفيتى Xerophytic » أى الذى يتحمل الجفاف كما أنه غالبا ما يوجد مبعثراً فى بقع تفصلها عن بعضها مساحات من الأرض عارية من النبات . وتعتبر عملية المسح الحقلى للنبات الطبيعى فى المناطق الجافة من العمليات النادرة ، وإن كان مأمولا التوسع فيها ، كما أنه يمكن للصور الجوية أن تسرع فى هذه الدراسة متخطية الصعاب التى تفرضها صعوبة الحركة السريعة فى المناطق الهامشية التى تفصل بين الاستبس والمناطق الصحراوية . ففى تونس مثلا ولمدة أربع سنوات شحيحة المطر ما بين عامى ١٩٤٤ ، ١٩٤٧ . وقف حد الصحراء مسافة ٢٧٠ كيلو متراً أبعد إلى الشمال من حد الصحراء أثناء فترة الأربع سنوات الأكثر مطراً بين عامى ١٩٣١ ، ١٩٣٤ . وفى عام ١٩٤٧ تساقطت أوراق أشجار الزيتون عند صفاقس بالقرب من ساحل البحر المتوسط بسبب امتداد الجفاف إلى جهاتها ، كما ظهر أثر الجفاف واضحاً على توزيع النباتات ذات الجذور القصيرة . وإنه لمن الواضح أن مثل هذه الذبذبات الشاسعة فى هوامش المناطق الجافة وشبه الجافه تعتبر من الظاهرات المتوقعة لسبب الذبذبات الكبيرة فى كميات الأمطار ؛ وهذه الهوامش هى عبارة عن مناطق أنتقال أكثر من كونها خطوطاً تفصل بين تغيرات فجائية فى العائلات أو المجموعات النباتية . وإلى أن يتمكن الباحثون من التوصل إلى خاصية قوية لنباتات المناطق الجافة من حيث درجة مقاومتها للجفاف ، يمكننا قياس مساحة الأراضى الجافة على النحو التالى :

	المساحة بالأميال المربعة	المساحة بالكيلو مترات المربعة
مناطق شبه جافة		
شجيرات ' قصيرة zsclerophyll Brushland	١٫١١٠٫٠٠٠	٣٫٠٠٦٫٢٠٠
غابات شوكية Thorn Forest	٣٤٠٫٠٠٠	٨٨٦٫٠٠
أعشاب قصيرة Short Grass	١٫٢٠٠٫٠٠٠	٣٫١٠٨٫٠٠٠
	٢٫٧٢٠٫٠٠٠	٧٫٠٤٤٫٨٠٠
مناطق جافة		
أعشاب شفافا صحراوية Desert Grass Savanra	٢٫٣٠٠٫٠٠٠	٥٫٩٥٧٫٠٠٠
أعشاب صحراوية ، شجيرات صحراوية Desert Grass. Desart Shrab	١٠٫٠٠٠٫٠٠٠	٢٧٫٤٥٤٫٠٠٠
	١٢٫٩٠٠٫٠٠٠	٣٣٫٤١١٫٠٠٠
مناطق شديدة الجفاف		
صحراء Desert	٢٫٤٣٠٫٠٠٠	٦٫٢٩٣٫٧٠٠
	٢٫٤٣٠٫٠٠٠	٦٫٢٩٣٫٧٠٠
المجموع	١٨٫٠٥٠٫٠٠٠	٤٦٫٤٩٫٥٠٠

ومن هذا الجدول يتبين أن المساحة الجافة تمثل ٣٥ ٪ من مساحة بابس للكرة الأرضية أى أقل بنسبه ١ ٪ فقط من التقدير الذى أوضحته الأسس المناخية للأراضى الجافة . وذلك على الرغم من الأختلافات الكبيرة فى المساحات الموضحة لكل قسم من أقسام المناطق الجافة . وهذا هو جوهر (لب) مشكلات التقسيم .

كذلك لوحظت العلاقة بين المناطق الجافة وبين المناطق التى لا يصل فيها التصريف النهرى إلى البحار الخارجية . فاستخدام De Martonne مصطلح "Enoloreism" ليصف المناطق ذات التصريف النهرى الداخلى ، وتلك ظاهرة أو خاصية استخدمها Richthofen ليميز بها مناطق وسط آسيا عن المناطق الأكثر رطوبة والتى تجرى عبرها الأنهار الرئيسية لكل من جنوب وشرق آسيا ويرى دى مارتون (خريطة رقم ١) أن المناطق التى لا يصل تصريفها النهرى إلى البحر أى ذات التصريف النهرى الداخلى Areic Regions ، تغطى (تشغل) حوالى ٣٣ ٪ من يابس الكرة الأرضية ، وتلك نسبة تتفق بصورة واضحة مع الأرقام التى ذكرت ، وأمكن التوصل إليها على أسس مناخية ونباتية . كما أن حدود الأحواض النهرية ذات التصريف الداخلى تتفق بصورة عامة مع الحدود المناخية والنباتية ، بل ربما أمكن التمييز بين المناطق الجافة والمناطق شبه الجافة عن طريق تحليل عدد المرات التى أثناءها تحمل الأنهار مياها ، وذلك إذا ما استثنينا جريان المياه الفصلى كما يحدث نتيجة ذوبان الثلوج وانصراف مياهها فى أحواض أنهار وسط آسيا أو التصريف الباطنى (الأرضى) للمياه التى توجد فى الإرسابات النهرية وتعود إلى المجارى النهرية وعلى الرغم من أهمية الاختلافات فى كميات التصريف النهرى وكيفيته ، فمن المهم أيضا أن نتذكر أن ثلث مساحة سطح الأرض اليابس لا تصل مياه أنهاره إلى المحيطات ، فإن مثل هذه الأنهار لا صلة لها بمستوى القاعدة العام الذى يمثله سطح البحر ؛ الأمر الذى تترتب عليه نتائج هامة فى تطور المظاهر التضاريسية للمناطق الجافة .

وللتربة فى المناطق الجافة خصائص مميزة يمكن أن تعطى تحديداً لتلك المناطق ، وذلك على الرغم من التعقيدات التى تثيرها الاختلافات المناخية التى قد حدثت فيما مضى من عصور جيولوجية ، فعادة ما تكون التربة فى المناطق الجافة رقيقة وكلسية ، ومتأثرة تأثراً طفيفاً بعمليات تفكك الصخر وتحلله . وعادة ما توجد مثل هذه الخصائص حيث تفوق عملية البخر كميات الأمطار الساقطة فى كل من العروض الوسطى والدنيا . فتؤدى العمليات المناخية إلى ترسيب الكربونات الذائبة عند أسفل الطبقة المشبعة بالرطوبة والتى يختلف بعدها عن سطح الأرض فى المناطق الشديدة الجفاف ، ولكنها قد تمتد إلى أسفل بمقدار ثلاثة أقدام (حوالى متر واحد) من السطح فى المناطق الأكثر رطوبة عند هوامش المناطق الجافة وفيها تظهر التربة التشرنوزم (ص ١٣٤) وبها بعض التكلس الطفيف الذى يجعلها تتحول إلى التربة الكستنائيه البنية الجافة حيث تموت الأعشاب نتيجة أنخفاض القيمة الفعلية للمطر أى قيم ناتج قسمة الأمطار على البخر (Valnes $\frac{P}{E}$) وهناك ، وعلى الرغم من ذلك ، مخاطر معينة عند الربط بين ظاهرة التكلس فى التربة وبين توزيع المناطق الجافة ، إذ أنه من الممكن وجود تربات كلسية عميقة ، أو مغسولة فى الصحراء وفى أراضى الاستبس . ومثل هذه التربات فى منطقة أليس سبرنج Alice Springs فى وسط استراليا وقد تكونت نتيجة لظروف مناخية قديمة ودورات تفكك وتحلل للصخر عندما كانت درجة تأثير سقوط الأمطار فى منطقتها أعلى مما هى عليه الآن . وإذا أخذنا ظاهرة التكلس (تكون كربونات الكالسيوم) على أنها من خصائص المناطق الجافة ، فإن مثل هذه التربات الكلسية تغطى ما يقرب من ٤٣ ٪ من مساحة يابس الكرة الأرضية وهى نسبة تزيد بما يقرب من ١٠ ٪ على التقديرات التى أمكن التوصل إليها بوسائل أخرى . وإلى أى مدى يرجع هذا الفرق فى التقدير إلى عدم توفر البيانات الدقيقة عن التوزيع المساحى لأراضى التربة المتكلسة Pedocals ، هذا أمر مازال غير معروف .

لقد قيل ما فيه الكفاية لتوضيح المشاكل والصعوبات الخاصة بتحديد المناطق الجافة وشبة الجافة . ولكن مازالت الحقيقة الباقية ماثلة فى أن هناك ما يقرب من ثلث يابس الكرة الأرضية يفتقر إلى الرطوبة ذلك العامل الحيوى لكل من النبات الطبيعى والحياة الحيوانية واستغلال الأرض . ويجب أن تتأقلم النباتات والحيوانات والجنس البشرى من أجل البقاء حيث تواجه باستمرار مشكلة شح المياه فى ظل نظام مناخى ترتفع فيه درجة الحرارة أرتفاعا كبيراً وتتكون من أجل هذا التأقلم علاقة طبيعية وبيولوجية ممتدة ، كما أن هناك علاقة نشطة تعكس التأقلم المستمر للتغيرات فى سقوط الأمطار وعملية التبخر تجعل المناطق الصحراوية ذات أهمية وحيوية . ويعتقد كثير من الناس أنهم قادرون على تمييز الجفاف ، ولكن تاريخ الاستيطان البشرى للأراضى الجافة يشير إلى أن أسس الجفاف ليست ذات أهمية أكاديمية (علمية) فحسب بل هى ضرورية للفهم السليم لما يحدث من تغيرات فى البيئة الجافة .

أسباب الجفاف :

يعتبر شح الأمطار وعلاقته بالحرارة السائدة وأرقام (قيم) النتح من العوامل الأساسية فى إخلق .المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية . فغالبا ما تكون المناطق ذات الأمطار القليلة بعيدة عن البحار وفى قلب القارات ، ويتضح الجفاف ويعظم عندما تعترض الأرض المرتفعة سبيل الرياح الهابة على يابس الأرض من المسطحات المائية . وغالبا ما يتوافق توزيع المناطق الجافة مع المناطق ذات الضغط المرتفع الدائم ، وإن كان من المحتمل نقصان بعض الأمطار على بعض المناطق ذات الضغط المنخفض الفصلى وذلك فى ظل ظروف مناخية معينة . كما توجد بعض المناطق الجافة مجاورة للمصدر الأول للرطوبة الجوية ألا وهو المسطات المائيه الحيطية . وما هو جدير بالملاحظة أن السياج الرطب فى غرب الكتلة الأوراسية يتدرج إلى نظام إنتقالى للمناطق الجافة حيث يتدرج المناخ القارى ومناخ البحر المتوسط فى العالم القديم صوب الشرق حتى قلب القارة .

وغالبا ما تتطابق القارية| مع الجفاف فكثير من مناطق وسط اسيا لا يسقط عليها من الأمطار إلا ما هو دون ٢٠٤ ملليمتراً (١٠ بوصة) ، ولا تكون هذه الكمية ذات تأثير واضح خاصة عندما تتركز فترة سقوطها فى فصل الشتاء فتقترب نظم الرياح المرتبطة بالمنطقة ضد الإعصارية فى شرق سيبيريا من المناطق الجافة فى آسيا الوسطى Central Asia آتية من الشمال ومخترقة بذلك مئات الأميال من الأرض اليابسة . وعندما تصل هذه الرياح إلى الداخل الجاف ، تنخفض رطوبتها النسبية وتعظم بها درجة التبخر وذلك لانتقالها من العروض العليا إلى العروض الدنيا أى من مناطق باردة إلى مناطق أدفأ . ولا يصيب هذه المناطق الداخلية سوى بعض الأمطار الإعصارية من الهواء الرطب الآتى من المحيط الأطلنطى إلى صحراء زنجاريا Dzungarian Desgrt إلى الشرق من بحيرة بلكاش . وعندما يتلاشى الضغط المرتفع المعروف بشرق سيبريا فى فصل الصيف ، يتكون نطاق من الضغط المنخفض فوق المنطقة الداخلية ذات الحرارة الشديدة فى داخل القارة ، على حين يتكون فى الغرب ــ فوق جنوب أوربا ــ لسان من الضغط المرتفع الآزورى وتسود رياح شمالية غربية جافة فوق الأجزاء الغربية من وسط آسيا . أما الصحارى فى شرق أوراسيا ، فإنها توجد تحت تأثير دورة الرياح الموسمية ، وهنا يزداد جفاف الصيف كلما بعدنا عن المحيط الهادى ، وذلك على الرغم من أن الجزء الشرقى من صحراء تكلا مكان يعكس التأثير الموسمى فى النهاية العظمى للمطر الصيفى . وعليه فليس البعد المطلق عن المحيطات هو وحده الهام ، ولكنه البعد عن المسطح المائى الذى تأتى منه الرياح المحملة بالرطوبة ..

ويزادا الجفاف فوق وسط اسيا لوجود الحوافز الجبلية ممثلة فى كل من الجبال تيق شان Tien Shan والبامير Pamirs فى الغرب والتى تمنع توغل الرياح الرطبة الآتية من المحيط الأطلسى فيما عدا منطقة زنجاريا . أما فى الجنوب فيحد الحاجز الجبلى الممثل فى الجبال الهيملايا من أثر الهواء الموسمى الدفىء والرطب الآتى من المحيط الهندى . ومن ثم فإنه

يمكن القول ان داخل القارة الاسيوية ليس مفتوحا نسبيا إلا من جهة الشرق للرياح الآتية من المحيط الهادىء الأمر الذى يجعل المر . يلمس صفة الجفاف وفقر الحياة النباتية الطبيعبة كلما أتجه صوب الغرب .

أما في أستراليا فحيث تقف المرتفعات الشرقية معترضة الرياح الجنوبية الشرقية السائدة ، فإن حدة الجفاف تزداد صوب داخل القارة حيث توجد منطقة شاسعه من الأراضى الجافة تصل فى مساحتها إلى نحو مليون ميل مربع (٢٫٥٩ مليون كيلو متر مربع) . وإذا افترضنا أن الصورة التضاريسية قد إنعكست ، فلن تكون هناك صفة الجفاف الداخلى نتيجة البعد عن البحر فحسب ، بل ربما تحرم المناطق الشرقية من سقوط الأمطار الناتجة عن دورة الرياح . وفى الأحواض الجبلية Intermontane Basins فى جنوب غرب الولايات المتحدة يكون الجفاف نتيجة لظاهرة ظل المطر التى فرضتها جبال سيرانيفادا على الرياح الغربية الشتوية وعلى الرياح الشرقية الصيفية الآتية من المحيط الأطلسى صوب نطاق الضغط المنخفض الناتج عن عملية التسخين المحلية . وتوجد أكثر المناطق جفافا والتى يقل فيها متوسط المطر السنوى عن ١٢٧ ملليمتراً (٥ بوصة) فى العام فى حوض كلورادو الأدنى حيث لا تسقط على بلدة Yuma من المطر سوى ٨٨ ملليمتراً (٣٫٣ بوصة) فى العام وإن كان ما يسقط على Utah أكثر من ذلك ، حيث تبلغ كمية المطر السنوى فى مدينة سولت ليك Salt Lake City التى تقع على منسوب ١٣٣١ مترا (٤٣٦٦ قدما) فوق سطح البحر مقدار ٤٠٦ ملليمترا (١٦ بوصة) ، ولكن هذا لم يثن جماعة المورمون Mormons فى عام ١٨٤٧ عن ضرورة إقامة مزارعهم بجوار المجارى النهرية لزراعة محاصيلهم على مياه الرى من هذه الأنهار . وتتمتع السلاسل الجبلية الشامخة والمحيطة بالأحواض الجافة بنصيب من المطر أكثر مما يسقط على هذه الأحواض ، ولهذا المطر أهميته باعتباره مصدرا لمياه رى تلك الأحواض المليئة بالرواسب الخصبة . أما سلسلة جبال للكورديلليرا Cordillera فتعد السبب الرئيسى للجفاف فى الصحراء المعتدلة فى اقليم بتاجونيا بأمريكا الجنوبية حيث

تعترض هبوب الرياح الغربية السائدة فتخلق نطاقا من منطقة ظل المطر على الجانب غير المواجه للرياح .

والواقع أن أعظم نطاق صحراوى فى العالم هو الصحارى الحارة التى تعتبر نتيجة لتوزيع الفلكى للضغط والرياح على سطح الكرة الأرضية . فمدار السرطان يخترق نطاق الأراضى الجافة الممتد من المحيط الأطلسى إلى شمال غرب الهند وباكستان . أما فى نصف الكرة الجنوبى فتكون الصحارى حول مدار الجدى محدودة المساحة باستثناء تلك التى فى قارة استراليا ، ويرجع ذلك إلى ضيق مساحة اليابس فى كل من قارتى أفريقيا وأمريكا الجنوبية . وترتبط الصحراء الأفريقية والصحراء الليبية وصحراء شبه الجزيرة العربية وصحراء أتكاما فى أمريكا الجنوبية ، وكلهارى فى جنوب أفريقيا والصحراء العظمى فى استراليا ، كلها بمناطق الضغط المرتفع . ففى تلك المناطق التى يسودها الضغط المرتفع حول عروض الخيل يتجمع الهواء العلوى (هواء الطبقات الجوية العليا) المتحرك صوب القطب من نطاق الضغط المنخفض الإستوائى إذ أن هذا الهواء يتجمع نتيجة لزيادة أثر دوران الكرة الأرضية تجاه القطب فى نطاق من الرياح الغربية تهب موازية لدوائر العرض . وتفقد هذه الرياح حرارتها تدريجيا بالأشعاع ولأنها تتحرك صوب العروض العليا وعندئذ يزيد ضغط هوائها فيهبط على نطاق كبير ويؤدى إلى تكون نطاق من الضغط المرتفع .

وقد تنشأ تعقيدات فى حجم وتوزيع نطاقات الضغط المرتفع نتيجة لتأثير أختلاف توزيع اليابس والماء وأثره فى الأشعاع ، وعليه أن نطاق الضغط المرتفع المتصل يتحول إلى عدسات من الضغط المرتفع غير المتصلة . ونظرا لكبر نسبة مساحة اليابس فى نصف الكرة الشمالى ، يكون نطاق الضغط المرتفع أقل إتصالا منه فى نصف الكرة الجنوبى ، كما يكون أكثر تعرضا للتغيرات الفصلية . فمثلا نجد أنه يمتد فى فصل الشتاء نطاقات من الضغط المرتفع حول مدار السرطان بصورة شبه متصلة من سواحل آسيا غربا حتى

شرق المحيط الهادى ؛ أما فى فصل الصيف فيؤدى التسخين المركز على يابس القارات إلى إيجاد نظام من الضغط المنخفض على الجنوب آسيا وجنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية وإن كانت هذه الأخيرة أصغر من نظيرتها الآسيوية . كما أن الصحراء الأفريقية (شمال أفريقيا) تكون منطقة ضد أعصارية ضحلة فى فصل الشتاء وأمتدادا لمنطقة الضغط المرتفع الآزورى فى فصل الصيف الشمالى .

أما الرياح التى تهب فى طبقات الجو السفلى – من نطاقات الضغط المرتفع إلى منطقة الضغط المنخفض الاستوائى فهى الرياح التجارية . ونتيجة لاختراق هذه الرياح الصحارى الحارة فى نطاق عروض الخيل ، فإنها تساعد على إمتداد ظروف الجفاف حتى العروض الدنيا . وتهب هذه الرياح بانتظام فصلى ، وهى قليلة الاضطراب وذات سرعه معتدلة . وبمرورها فوق شقة شاسعة من يابس الأرض فإنها تكون جافة ومجففة ، كما تزداد مقدرتها وقابليتها لامتصاص الرطوبة حيث أنها تهب من عروض أبرد إلى عروض أدفأ . ويبدأ هبوب الرياح التجارية فى الصحراء الكبرى بعد شروق الشمس بساعات قليلة ولكنها تقل تدريجيا فى المساء وغالبا ما يكون الهواء ساكنا أثناء الليل . ويعتبر هذا تفسير جزئى لعملية التبريد السريع للهواء الملامس للأرض بعد أن يرخى الليل سدوله ، الأمر الذى يؤدى إلى التحول الواضح فى درجة الحرارة . وتعتبر المناطق ذات الضغط المرتفع ذات الهواء الهابط والرياح السطحية الجافة مناطق غير مناسبة لعملية التساقط ، وتكون تلك المناطق أجف الأراضى على سطح الكرة الأرضية ومطرها يتصف بالشح وعدم الانتظام ، ذلك المطر الذى يتزايد فى كميته وإنتظامه الفصلى صوب الدائرة الاستوائية وكلما إتجهنا ناحية القطبين .

ويمكن أن يحدث الجفاف فى المناطق ذات الضغط المنخفض ، حتى أنه ليس ضروريا أن يتلازم وجود الصحارى ونطاقات الضغط المرتفع المدارية . ويعتبر النطاق الجاف فى شمال غرب شبه القارة الهندية من أحسن الأمثلة على ذلك حيث توجد

صحارى السندوثار وبلوخستان فى مهب الرياح المحملة بالرطوبة الآتية من المحيط الهندى ويفسر جفاف هذه المنطقة بأنه نتيجة التداخل بين الهواء الموسمى الرطب والهواء القارى الحار والجفاف والذى يهبط بعد رحلته الطويلة فوق الهضاب الجافة لكل من إيران وبلوخستان ، فيمنع الهواء الجاف الذى يتدخل فى الهواء الرطب والذى يصمد فوقة من الصعود إلى أعلى ومن ثم يمنع سقوط المطر ، وذلك باستثناء بعض الرخات عندما تتكون ظروف عدم إتزان فى الكتل الهوائية . ويصل السطح المائل لمقدمة الهواء القارى إلى سطح الأرض إلى الجنوب من كراتشى فيكون كل الهواء الرطب خارج صحارى بلوخستان . وإلى الشرق من كرانشى يرتفع سطح الجبهة وتكون كمية المطر متناسبة إلى حد ما مع هذا الأرتفاع ، فكلما كان السطح مرتفعا كلما كان الهواء الرطب قادرا على الصعود ومن ثم تزيد فرصة سقوط المطر . وحتى فى هذه الحالة نجد أن سقوط المطر يكون بسيطا وغير منتظم مؤديا إلى الظروف الجافة غرب راجبوتانا **Raiputana** والسند . أما إلى الجنوب من ذلك فيرجع المطر الشحيح على هضبة الدكن إلى أن هذه الهضبة الجافة تقع فى منطقة ظل المطر لجبال الغات العربية .

وأجدر من هذا بالأهتمام ذلك الوضع غير المألوف للمناطق الصحراوية الساحلية ، تلك الصحارى التى تناخم الخزان الطبيعى للرطوبة وهو المحيطات ، وتعتبر من أكثر المناطق جفافا فى العالم حيث لا تسقط عليها إلا كميات ضئيلة من الأمطار غير المنتظمة فى سقوطها . كما تمتد صفة الجفاف هذه إلى الجزر الساحلية كما هو الحال فى جزر جوانو **Guano** المواجهة لساحل بيرو وكذلك جزر جنوب غرب أفريقيا . وبهذه المناطق الساحلية وكذلك سواحل شمال غرب أفريقيا نطاقات شاسعة يقل بها المطر عن ٥١ ملليمتراً (٢ بوصة فى السنة) ، مع وجود تغير مفاجىء فى زيادة الأمطار عند أطرافها الاستوائية . وتجف هذه المناطق الساحلية تيارات بحرية تجىء من العروض العليا صوب العروض الدنيا مزيحة معها المياه السطحية الباردة نحو خط الاستواء ولهذا نجد أنخفاضا شاذا فى درجات حرارة تلك السواحل .

وتتضح أهمية التيارات الباردة كسبب من الأسباب الرئيسية لحدوث ظاهرة الجفاف فى زيادة أرتفاع كميات الأمطار إلى ٢٢٩ ملليمتراً (٩ بوصة فى السنة) على ساحل استراليا الغربى والتى يعوزها بحق التيار البارد .وتقوى حركة المياه الباردة الرأسية التيارات السطحية الباردة مثل تيار بنجويلا وتيار هامبولط وتتداخل مع بعضها على شكل ألسنة من المياه الدافئة والمياه الباردة وما زال السبب الحقيقى لحدوث التيارات الرأسية غير معروف وإن كانت قد فسرت على أن حدوثها يعتمد على العلاقة بين أتجاه خط الساحل والتيار السطحى . وترى بعض النظريات أن أنتشار المياه السطحية من يابس القارات صوب البحر المفتوح وإحلالها بمياه سفليه أبرد يمكن أن تكون سببا من الأسباب ، ولكن ترى بعض النظريات الأخرى أهمية أثر الرياح الخارجة من اليابس والتى تزيح المياه السطحية نحو داخل البحر ، غير أن الرياح الهابة من يابس القارات والتى تعتبر رياحا غير دائمة لا تؤخذ لشرح ظاهرة مستمرة الحدوث كهذه .

وتوضح الأطراف الشرقية لمناطق أضداد الأعاصير شبه المدارية المحيطية توافقا وثيقا مع الصحارى الساحلية الغربية . حيث تعتبر هذه الخلايا من الضغط المرتفع نطاقات هوائية هابطة تصل أقصى درجة هبوط لها عند هذه الحدود الشرقية حيث السواحل الجافة لكاليفورنيا السفلى وأتكاما ونامبيب وريودى أورو . كما تؤدى دورة الهواء حول مناطق أضداد الأعاصير إلى اندفاع الهواء موازيا لخط الساحل ، وإلى نشأة الرياح التجارية المحيطة ثم إلى دوران التيارات البحرية فى صورة دوامات هائلة . ويؤدى الهواء الهابط فوق سطح بحرى بارد إلى ثبات جوى واضح وارتفاع حرارى قوى الهواء الهابط ، وهذه ظروف غير ملائمة أو لا تؤدى إلى حدوث التساقط . فبالقرب من صحراء ناميب فى جنوب غرب أفريقيا توضح الأرصاد العليا التى تجرى بواسطة الراديو سوفد أرتفاعا فى درجة الحرارة على منسوب ٧٦٢ مترا (٢٥٠٠ قدما) ؛ وهناك أرتفاع حرارى مشابه على نفس المنسوب فى فصل الصيف فى كاليفورنيا الشمالية ، ويختلف المنسوب

والارتفاع الحرارى محليا وفصليا ولكنه يكون أكثر وضوحاً حيث التباين الكبير بين درجات حرارة اليابس والماء . وتبدو المياه الباردة التى غالبا ما تتحرك رأسيا مرتبطة بظاهرة الجفاف العظمى على يابس القارات . وعندما يكون الارتفاع الحرارى قريبا من مستوى سطح البحر يتكون الضباب باستمرار ثم يتحول إلى طبقة من السحب الطباقية كلما أرتفع منسوب الارتفاع الحرارى تجاه اليابس .

ونتيجة لانخفاض الصحارى الساحلية وتأثرها الدائم بالأشعاع الشمسى .

تتكون ضغوط منخفضة محلية تملؤها نسمات بحرية يومية وسرعان ما تتلاشى هذه النسمات البحرية بعد غروب الشمس عندما تبرد الأرض بسرعة بفقدها لحرارتها . ونادرا ما تهب هذه النسمات فى إتجاه مباشر على اليابس وذلك لانحرافها لقوة (كوريولس Coriolis) من ناحية ، ولخضوعها لتأثير مناطق الضغط من ناحية أخرى . ويمكن إعتبار النسمات المنحرفة الآتية صوب يابس القارات والتى تقترب من ساحل صحراء ناميب من إتجاه جنوبى غربى رياحا تجارية مصغرة أو تغيرات محلية فى الدورة الهوائية العادية . (رياح باردة هابة على بحار باردة) هى سمة الرياح السائدة على الصحارى الساحلية ، وحيث أن هذه الرياح تتجه صوب أرض أدفأ منها تزداد مقدرتها على حمل الرطوبة ونادراً ما تكون هناك فرصه لسقوط الأمطار . فسريعا ما تقوم الحرارة الشديدة فى الداخل بتبخير ذرات المياة ولا تكون هناك فرصة لتكثيفها إلا حيث تظاهر المناطق الجبلية المرتفعة الأراضى الساحلية كما هو الحال فى بيرو حيث يمكن للسياج الجبلى تكثيف ما فى الهواء من رطوبة بسبب صعود الرياح فوقها . ويقع نطاق المطر الفعلى إلى الداخل من صحراء أتكاما على إرتفاع ١٥٢٣ متراً (٥٠٠٠ قدما) محيطة بجبال أنديز .

وتحدث عملية التساقط عندما يضعف التزايد فى حرارة المياه الساحلية الارتفاع الحرارى للهواء الهابط ، كما يحدث عندما تبتعد مياة التيار البارد عن خط الساحل نتيجة وجود رأس أرضى بارز فى البحر . فعند رأس جواياكيل Guayaquil فى بيرو

تحدث زيادة حادة فى سقوط الأمطار ، ربما تكون بسبب المياة الدافئة الهادئة التى تركت دون اضطراب نتيجة إنحراف التيار البحرى بعيداً عن خط الساحل . وتوجد أمثلة أخرى على ذلك عند الانبعاج الأرضى الذى يوجد فى شمال غرب القارة الإفريقية إلى الجنوب من بورت إيتيين Port Etienne وكذلك بالقرب من موساميدز Mossamedes فى جنوب غرب أفريقيا . ويمكن لمثل البروزات الساحلية أن تقلل من عملية التيارات الرأسية للمياة الباردة وذلك لتدخلها فى حركة المياة السطحية . فبالقرب من ساحل بيرو على سبيل المثال يحل محل تيار هامبولط البارد على فترات متقطعة تيار دافىء آت من الشمال يعرف بأسم (النينو EL Nino) ويؤدى هذا التيار إلى ظروف عدم إستقرار جوى نتيجة إختفاء الارتفاع الحرارى السابق الذكر . ولربما كان هذا الانقلاب فى التيارات البحرية هو الذى أدى فى عام ١٩٣٥ إلى سقوط ٣٩٤ ملليمتراً (١٥٫٥ بوصة) من الأمطار على وادى تشيكاما Chicama الأدنى فى بيرو حيث لا يتعدى متوسط كمية الأمطار السنوية ٤ ملليمتر (٠٫١٥ بوصة) . فلقد أتت الفيضانات على بلدة تشيكاما ، تلك الفيضانات الآتية من وادى تشيكاما الأعلى الذى سقطت عليه كمية من المطر تقدر بحوالى ١٣٩٧ ملليمتراً (٥٥ بوصة) بدلا من الكمية العادية التى تصل إلى ٥٩٧ ملليمتراً (٢٣٫٥ بوصة) وتحطمت قنوات الرى وتغطت الحقول بالطين والجلاميد الصخرية ؛ الا أن هذه الظروف المدمرة قد عوضت أهالى هذه المنطقة عما لحقهم من خسائر من ناحية أخرى ، فزيادة الرطوبة فى التربة كان لها أثرها فى أعطاء محصول أوفر من قصب السكر . هذا ويلاحظ أيضاً أنه عندما يختفى مستوى الارتفاع الحرارى فوق صحراء ناميب فى جنوب غرب أفريقيا يكون أحتمال سقوط المطر أكبر ، ويتفق هذا الاختفاء مع وجود الهواء المشبع بالرطوبة الآتى من المحيط الهندى .

وهكذا نرى أن هناك عوامل كثيرة يمكن أن تؤدى إلى جفاف مساحات كبيرة من

سطح الكرة الأرضية ، غير أن دوائر العرض وحدها لا يمكن أن تشرح لنا توزيع وامتداد المناطق الجافة . كما لا يستطيع الموقع الداخلى ولا توزيع مناطق الضغط المرتفع والمنخفض ولا حركة المياه الرأسية للمياه المحيطية الباردة شرح هذا التوزيع وحدها . وينبغى أن تضاف لهذه العوامل عوامل أخرى بدأت خلال الأزمنة الجيولوجية السحيقة كتوزيع الكتل القارية والأحواض المحيطية . فعلى هذه الأقسام التضاريسية الكبرى أنطبعت الدورات الالتوائية اللاحقة التى أدت إلى الأحواض الجيولوجية العظمى والتواء الطبقات الصخرية . ولقد أتت عوامل التعرية على المناطق ذات التضاريس المرتفعة التى أوجدتها الحركات التكوينية ولكنها تأثرت بعد ذلك بحركات أرضية لاحقة فتكونت أحواض طبوغرافية منعزلة فى مناطق ظل المطر بالنسبة للأراضى التلالية أو الجبلية المجاورة . فعندما أرتفعت سلسلة الكورديلليرا الغربية فى قارة أمريكا الشمالية فى نهاية العصر الكريتاسى تقطعت أوصالها إلى هضاب أنكسارية أكثر مطرا من المناطق البينية الأكثر جفافا . وأحدث المناطق الجافة فى العالم تعتبر أحدثها تكتونيا ، (فوادى الموت) الأخدودى النشأة فى كاليفورنيا يرجع تاريخه الجيولوجى إلى عصر البليستوسين وتعكس ظاهراته الجيومورفولوجية حداثة نشأته . ولربما يكون واضحا أن معظم الأراضى الجافة فى العالم تتاخمها تضاريس مرتفعة أو تتوسطها مناطق جلية . وتشد هذه الحقيقة الانتباه نحو الحركات التكتونية وعمليات النحت والارساب المقرونة بتخفيف الثقل عى القشرة الأرضية فى بعض المناطق وزيادته عليها فى البعض الآخر مؤدية إلى عمليات الرفع والتخفيض . وحيث أن التغيير فى الارتفاع يرتبط بكمية التساقط التى يستقبلها المكان ؛ فإن أهمية الحركات التكتونية لا يمكن تجاهلها . وعلى النقيض من ذلك قد أثبتت مناطق الأحواض الترسيبية لأسباب عديدة جاذبيتها للأنسان دون بقية الأراضى حيث تتراكم بها الارسابات التى يمكن زراعة المحاصيل المختلفة فيها والتى يمكن أن تنمو عليها حشائش رعى الحيوان . كما تعتبر أيضاً المناطق التى تنصرف إليها الأنهار داخلياً فتسهم بمياهها لرى الأرض أو لسقى الحيوان . فإلى هذه المناطق أنجذب الانسان منذ

عصر ما قبل التاريخ ولكنه كان يفشل دائما فى الحفاظ على ما بهذه المناطق من رطوبة . وأبعد من هذا كله فإن الإنسان بما يقوم به من عمليات للعيش فى المناطق الجافة قد ساعد على إمتداد مساحة هذه المناطق ومن ثم قد أصبح هو نفسه مسئولا عن حدوث الجفاف وعليه فقد أصبح ضرورياً عند هذا الحد أن تنظر إلى خصائص أنواع المناخ فى الأراضى الجافة نظرة فاحصة من أجل فهم العمليات التى يحاول الإنسان أن يستخدمها فى تطوير تلك البيئة الجافة .

الفصـل الثانـى

أنواع المناخ فى المناطق الجافة

الصحارى الحارة .

الصحارى الحارة الساحلية .

مناطق الاستبس الحارة .

الصحارى المعتدلة .

مناطق الاستبس المعتدلة .

أنواع المناخ المحلية والميكروسكوبية .

التغير المناخى .

أنواع المناخ فى المناطق الجافة

لقد أكدت البيانات الخاصة بكل من المطر والنبات وكذلك التربة وجود أختلافات واضحة بين خصائص المناطق الجافة فى العالم . فالصحراء والاستبس ، والجفاف وشبه الجفاف ظاهرات توضح الآثار المشتركة للمطر والبخر ، إلا أنه مع ذلك مازال هناك تميزا أبعد من هذا وصفة خاصة بين الصحارى الحارة والصحارى المعتدلة وأراضى الاستبس المرتبطة بها . ولما كانت درجات الحرارة فى فصل الصيف مرتفعة فى كلا النمطين من المناخ فإن تعبيرى (صفتى) حار ومعتدل تستخدمان للخصائص الحرارية لنصف السنة الشتوى فحسب ، ولاشك أن الدائرة لعرضية هى المسئول الأساسى عن هذا الاختلاف .

الصحارى الحارة :

تتمثل الصحارى الحارة بأجلى صورها فى صحراء شمال أفريقيا والصحراء الليبية وصحراء شبه الجزيرة العربية والصحراء العظمى الاسترالية ، حيث يزيد المتوسط الحرارى السنوى فيها جميعا عن ١٨°م (٦٤٫٤°ف) ، وتدخل ضمن التقسيم BWh من تقسيمات كوبن Koppen المناخية ، وعلى الجانبين الاستوائى والقطبى . وتعتبر حواف هذه المناطق الصحراوية مناطق أنتقال الأراضى الاستبس الحارة BSh التى لا تتميز فقط بكثرة أمطارها ولكن بوجود قمة فصلية واضحة أيضا . وأحيانا ما تتدرج الصحراء الحارة إلى الصحراء المعتدلة مباشرة كما هو الحال فى جهات جنوب غرب الولايات المتحدة الجافة وكذلك فى وسط آسيا .

وتوجد الصحارى الحارة أساساً حوالى الدائرتين العرضيتين ٢٠° ، ٢٥° شمالا وجنوبا من خط الاستواء وفى نطاق يشغل حوالى خمس درجات عرضية أو أكثر أبعد

من هذين الحدين ، وذلك حيث الكتل الهوائية الهابطة تعطى الظروف الجوية التى لا تساعد على سقوط المطر . وتتميز مثل هذه المناطق بدرجات الحرارة المرتفعة فى فصلى الصيف والشتاء على حد سواء ، كما تتميز بالمدى الحرارى اليومى الكبير إلا أنها تتصف بالتغيرات المعتدلة فى درجات الحرارة السنوية (أى أن المدى الحرارى السنوى بها معتدل) أما البخر بها فمرتفع والرطوبة النسبية منخفضة ومدة شروق الشمس كبيرة وكمية السحب قليلة ، وتعتبر الشمس المحرقة والمسلطة أشعتها من خلال سماء زرقاء صافية الصفة السائدة لكل من الطقس والمناخ فى تلك الجهات . أما سرعة الرياح فعادة ما تكون معتدلة كما أنها (الرياح) تكون منتظمة فى شدتها واتجاهها. وتعطى أية أختلافات فى هذه الخصائص تباينات واضحة كما هو الحال فى المناطق الحارة الجافة .

ونظرا للأختلافات الكبيرة فى كمية الأمطار بتلك الجهات فإن من العبث إذن الاعتماد على المتوسطات السنوية للمطر والتى توضحها الأرقام المذكورة فى الجدول الآتى (الصفحة المقابلة) لبعض المحطات المختارة ، فدائما ما تكون هذه المتوسطات قليلة أو منخفضة .

ويتضح أيضا ضعف أهمية الاعتماد على المتوسطات السنوية للأمطار من الأرقام التى سبق ذكرها أيضا عن بلدة Yuma التى سقط عليها فى عام ١٨٩٩ مامقداره ٢٥ ملليمتراً (١ بوصة) ، وفى عام ١٩٠٥ سقط عليها مقدار ٢٨٠ ملليمتراً (١١ بوصة) كما سقطت كمية أمطار تقدر بـ ١٦٠ ملليمتراً (٧٫٣ بوصة) على Tamanrasset فى إحدى السنوات بينما لم يسقط عليها فى سنة أخرى سوى ٦٫٤ ملليمتراً (٠٫٢٥ بوصة) . كما أنه ليس ضروريا أن

المحطة		كمية المطر السنوى	
أليس سبرنجز (استراليا	Alice Springs	٢٥٢ ملليمتراً	(٩٫٩٣ بوصة)
تشارلوت ووترز (استراليا)	Charlotte Waters	١٤٧ »	(٥٫٠٨ « »)
جاكوباباد (باكستان الغربية)	Jacobabad	١٠٢ »	(٤٫٠٠ « »)
عدن	Aden	٤٨ »	(١٫٩٠ « »)
القاهرة	Cairo	٣٠ »	(١٫٢ « »)
تامانراست (صحراء شمال أفريقيا)	Tamanrasset	٤١ »	(١٫٦ « »)
غردائيا (الصحراء الجزائرية)	Chardaia	٦١ »	(٢٫٤ « »)
كاريبيب (جنوب غرب أفريقيا)	Karibib	١٨٣ »	(٧٫٢ « »)
يوماً (أريزونا)	Yuma	٨٤ »	(٣٫٣ « »)

يسقط المطر كل عام ، وربما كانت ظاهرة عدم الاستمرار المكانى فى سقوط المطر أمراً ذا بال عندما يتعصب المرء لفكرة الجفاف التام لأى جزء من الأراضى الصحراوية وذلك لأن نطاق سقوط الأمطار يمكن أن يكون عباره عن بضعة أميال مربعة ولا يمتد أبعد من هذا المدى ولو ببضعة أميال . لقد أبانت خدمات خطوط الطيران المنتظمة فوق الصحراء الافريقية ، أن هناك أشرطة ضيقة من المناطق المطيرة التى تمتد مئات الأميال مثل نطاق المطر الذى امتد فى عام ١٩٤٣ من بلدة داكار Dakar فى غرب أفريقيا إلى جنوب المغرب وإنه لمن المتوقع أن تظهر صور الأقمار الصناعية التوزيع الدقيق لمناطق المطر هذه . هذا ونجد أن من الصعب تقرير ما إذا كانت هناك فترات جفاف طويلة أم لا نظراً لعدم وجود بيانات إحصائية لفترات طويلة . ولقد أثبتت البيانات الشفهية عدم الاعتماد عليها وذلك لأن قبائل البدو الرحل تميل لأهمال المطر غير المؤثر أى الذى لا يتسرب فى التربة والذى لا يساعد على نمو الكلا أو الذى لا يزيد من مياه الآبار . وعلى

الرغم من أن هناك بعض المناطق التى لم تسقط عليها الأمطار لمدة ست سنوات إلا أن هناك أيضا أدلة قاطعة على جريان مياه فى الوديان الجافه بها أثناء نفس الفترة . ويرى Capot Rey أنه لا توجد منطقة فى النصف الغربى من الصحراء الافريقية لم تصبها كمية ذات شأن من المطر خلال فترة عشر سنوات . أو أنها ظلت لمدة ست سنوات دون أن تستقبل كمية من المطر أكثر من ٥ ملليمترات (٢ر بوصة) .

ومن الواضح أن الزراعة المطرية فى ظل هذه الظروف تعتبر أمراً مستحيلا وحتى الرعى المعتمد على تربية القطعان يعتبر غاية فى الخطورة . وقد يضطر الطوارق الذين يقطنون مرتفعات الآحجار فى الصحراء الأفريقية أحيانا إلى الهجرة جنوبا حتى السودان بحثا عن الكلا ؛ وهذا يدل على أن الزيادة الطفيفة فى سقوط المطر فى المناطق المرتفعة من الصحراء الأفريقية والتى تصل فيها الأمطار إلى ١٠٢ ملليمترا (٤ بوصة) كمتوسط سنوى ليس ضروريا أن تكون مقرونة بزيادة ملحوظة فى أنتظام عملية السقوط .

وعادة ما يكون سقوط المطر فى الصحارى الجافة على شكل رخات تصاعدية ولفترات قصيرة وفوق مساحات محدودة خلال أيام معدودة . ولا يوجد أنتظام فصلى فى سقوط المطر فى المناطق المتطرفة فى جفافها والأمطار الهادئة (الرذاذ) غير معروفة . وحيث أن هذه الامطار الهادئة نادراً ما تبلل التربة أو تؤدى إلى جريان مياه على سطح الأرض قبل أن تصيبها عملية التبخر ، فإنها تعتبر قليلة التأثير على عمليات التعرية النهرية التى تكون واضحة بعد رخات المطر الشديدة وذلك على الرغم من أهميتها فى عمليات التجوية (تفكك الصخر وتحلله) فى المناطق الصحراوية وكذلك رغم أهميها فى نمو بعض النباتات . ولكن لا يحس سكان الواحات والرعاة والرحالة إلا برخات المطر الشديدة . وتخلق مثل هذه الرخات العنيفة كوارث فى المناطق الصحراوية لما تقوم به من هدم الحوائط والمنازل الطينية (ففى عام ١٩٢٢ دفنت أثنتان وعشرون أمرأة نتيجة أنهيار حائط فى Tamanrasset) ، كما تؤدى إلى حدوث السيول العنيفة فى أدوية الصحراء الكبرى وفى صحارى أمريكا الشمالية . ولنذكر مثلا أنه بعد فترة طويلة من الجفاف ،

كانت هناك فيضانات محلية فى القاهرة عندما سقطت عليها فى يوم واحد من عام ١٩١٩ كمية من الأمطار تقدر بـ ٤٣ ملليمتراً (١٫٧ بوصة) فأدت إلى أن عربات الترام قد غطست فى الطين حتى نوافذها . وقد يؤدى هذا النوع من المطر إلى زيادة كمية المياة الجوفية كما يؤدى إلى عمليات التعرية النهرية فى المناطق الصحراوية ، وقد يترتب عليه أيضا رطوبة التربة وفى هذا فرصة لنمو النباتات السريعة النمو . ولقد سقطت على بلدة تمانراسيت التى يبلغ المتوسط السنوى لما يسقط عليها من أمطار ٤٠ ملليمترا (١٫٦ بوصة) ، ما قدرة ٤٤ ملليمتراً (١٫٧ بوصة) فى ثلاث ساعات سقط ثلاثة أرباعها فى أربعين دقيقة . وفى مرتفعات تبستى فى نطاق صحراء شمال أفريقيا سجل المركز الحربى فى Aozou ٢٧٠ ملليمترا (١٥ بوصة) من المطر فى ثلاثة أيام من شهر مايو عام ١٩٣٤ مما أدى إلى حدوث فيضانات هائلة فى الأدوية . كما سقطت على Doorbaji فى صحراء ثار ، حيث لا تتعدى كمية المطر السنوية ١٢٧ ملليمترا (٥ بوصة) ، كمية من المطر قدرها ٨٦٤ ملليمترا (٣٤ بوصة) فى يومين . أما فى دمشق التى يصل فيها متوسط المطر السنوى إلى حوالى ٢٢٤ ملليمترا (٩٫١ بوصة) فقد سقطت عليها فى فبراير من عام ١٩٤٥ ، ٦٧ ملليمترا (٣ بوصة) فى صبيحة أحد الأيام وهذه الكمية تصل إلى حوالى نصف الأمطار التى سقطت على دمشق فى كل عام ١٩٤٥ .

ويعتبر مثل هذا التركيز فى سقوط الأمطار فى عدد محدود من الأيام من المميزات الواضحة للمناطق الجافة . فبلدة تشارلوت ووترز Charlotte Waters فى وسط إستراليا والتى تصل فيها كمية المطر السنوى إلى ١٣٠ ملليمترا (٥٫١ بوصة) تسقط هذه الكمية فى ٢٥ يوما فى السنة ، معطية بذلك متوسطا يوميا للأيام المطيرة يقدر بـ ٥ ملليمترا (٠٫٢ بوصة) . أما فى السويس والقاهرة فيسقط المطر عليها فى ١١ أو ١٢ يوما فقط من السنة معطيا بذلك متوسطا يوميا للأيام المطيرة يقدر بـ ٢٫٥ ملليمترا (٠٫١ بوصة) . وباستثناء المناطق القريبة من الهوامش الصحراوية ، لا يسقط المطر فى

فصل معين ، فالمطر يسقط فى مايو فى سنة من السنين قد يتبع بمطر فى شهر ديسمبر من العام التالى .

والارتفاع فى المناطق الصحراوية مثل صحراء شمال أفريقيا بعض الأثر على كميات الأمطار . فتنحنى خطوط المطر المتساوية صوب الجانب الاستوائى لتتفق مع مرتفعات تبستى Tibesti وإير Air فى حين أنه إلى الشمال الغربى تقف مرتفعات الأحجار Ahaggar بحافتها المعروفة باسم Tassili des Ajjar, Ennedir كجزر مطيرة وسط بحر من الجفاف ، إلا أن كميات المطر الساقطة ما تزال فى حدود ١٠٢ ملليمتر (٤ بوصة) سنويا . وعلى النقيض من ذلك نجد أن المنخفضات العظمى فى صحراء شمال أفريقيا تكون شديدة الجفاف . ولا يسقط على هضبة مرزق الواقعة إلى الشرق من الأحجار والتى تحميها أراضى مرتفعة من ثلاث جهات إلا حوالى ١٠ ملليمترات (٤ر٠ بوصة) كمتوسط سنوى ، فى حين أنه فى حوض أو منخفض الكفره فى الصحراء الليبية تتمثل أجف منطقة فى كل الحزام الصحراوى فى شمال أفريقيا .

ولا تعتمد صفة الجفاف فى الصحارى الحارة على الندرة وعدم الانتظام فى سقوط الأمطار فحسب ولكنها تعتمد أيضا على درجات الحرارة المرتفعة ومعدلات البخر العالية على مدار السنة . ففى الصيف حين تتعامد الشمس على مدار السرطان ويكون الإشعاع الشمسى مركزا تقل درجة الإشعاع على الهوامش الاستوائية لصحراء شمال أفريقيا وكذلك صحراء غرب إستراليا ، كما توجد بعض السحب المرتبطة بسقوط الأمطار الصيفية لمناطق الاستبس الحارة والسفانا . كما تظهر سحب من نوع السمحاق أو القزع المرتفع High Cirrus فوق الصحراء الأفريقية وتكون على مستوى يزيد على ١٨٢٩ متراً (ستة الاف قدم) . وقد تعترض بعض الشىء سبيل أشعة الشمس القوية التى ترفع درجة حرارة الأرض إلى أرقام خيالية . وتتمتع صحراء سونورا Sanora فى جنوب غرب الولايات المتحدة والمكسيك بحوالى ٩٠ ٪ من الشروق الشمسى فى فصل الصيف ، كما أن Yuma فى أريزونا لا تغطى السحب من سمائها فى

شهر يوليو إلا $\frac{١}{٢٠}$ فقط من قبتها السماوية . ويصل مجموع ساعات شروق الشمس فى يوما إلى ٢٩٠٠ ساعة على مدار السنة أى ٨٩ ٪ من النهاية العظمى المحتملة (المتوقعة) . وبالمقارنة ، فإن مناطق الغابات الاستوائية المطيرة كما هو الحال فى الكنغو تستقبل من الأشعاع الشمسى سنويا ما قدره ١٨٠٠ ساعة فقط أى أقل من نصف ما تستقبله بلدة حلوان فى مصر .

هذا ويلاحظ أن درجة حرارة التربة فى كل مكان تكون أعلى من درجة حرارة الهواء . فالرمال والصخور والمعادن يمكن أن تصل درجة جرارتها فى منتصف فترة ما بعد الظهر إلى ما يزيد عن ٨٢°م (١٨٠°ف) . ويمكن الاحساس بهذه الحرارة من خلال نعال الأحذية السميكة ، وإذا ما لمست اليد عن غير عمد جسم السيارة فإنها سريعا ما تسحب بسبب اللسعة الشديدة ؛ وإذا لم تحفظ المياه باردة فى أوانى فخارية أو أوانى محاطة بقطعة من الخيش المبلل حتى يسمح بتبريدها عن طريق التبخر ، فإنها تكون قليلة التأثير على إطفاء الظمأ . وعلى الرغم من أن الثلاجات وأجهزة التبريد قد جعلت الحياة فى هذه البيئة الصحراوية محتملة فى الوقت الحاضر بالنسبة للباحثين عن البترول ، إلا أن السيارات فى حاجة إلى تصميم من شأنه أن يؤدى إلى تبريدها حتى يمكن أن تحتفظ بالمياه أو أى أشياء مبردة أخرى . كما تعانى الخيول غير المنعلة (بدون حدوة) ألما شديداً ، أما الجمال فيعطيها خفها السميك وقاية عظيمة . وإنه لمن الواضح أن النباتات الصحراوية لابد وأن تكون مزودة بتركيب فسيولوجى خاص للمقاومة إذا قدر لها أن تغالب مثل هذا الارتفاع فى درجة حرارة التربة . وقد يعجب المرء كيف أن عددا من الجنود فى الجبهة الشمالية الغربية فى الفليق الأجنبى **Foreign Legion** وفى الجيش الثامن **Eighth Atmy** قد لقوا حتفهم أثناء الحرب العالمية الثانية لأنهم لم يستطيعوا أن يلقوا بأنفسهم أرضاً فوق الصخور والرمال المحرقة .

وجدير بالذكر أن الهواء الساخن الملامس للأرض ينشر حرارته إلى إرتفاعات كبيرة . ففى عين صالح قد سجلت درجة حرارة ٥٤°م (١٢٩°ف) فى الظروف المترولوجية

المثالية ، ولكن هذا الرقم قد فاقه الرقم الذى سجل فى وادى الموت Death Valley فى كاليفورنيا والذى يقع على منسوب ٨٤م (٢٧٦ قدما) تحت مستوى سطح البحر وكانت فيه درجة الحرارة ٥٧°م (١٣٤°ف) ، وكذلك بلدة العزيزية التى تقع على بعد ٤٠ كيلو مترا (٢٥ ميلا) إلى الغرب من طرابلس فى شمال أفريقيا وقد سجل بها أعلى رقم فى درجة الحرارة والذى وصلى إلى ٥٨°م (١٣٦°ف) . وهناك بالاضافة إلى ذلك درجات حرارة أعلى فى كثير من المناطق ، ولكن ندرة محطات الأرصاد فى الوقت الحاضر لا تؤكد هذه الحقيقة . وفى مساحات شاسعة تصل درجات الحرارة إلى ما بين ٣٨ ـ ٤١°م (١٠٠ ـ ١٠٥°ف) وتظل على هذا النحو لعدة أيام كل سنة . فقد سجل الترمومتر درجة حرارة ٣٨°م (١٠٠°ف) فى صحراء غرب إستراليا لمدة ٦٤ يوما متتالية ، ودرجة حرارة ٥٢°م (١٢٥°ف) لمدة ١٤٠ يوما متتالية . ولقد وصلت درجة الحرارة فى فصل الصيف فى Alice Springs إلى ٣٨°م (١٠٠°ف) بصفة مستمرة تقريبا وذلك فيما عدا بعض الفترات المطيرة أو عندما تهب نسمة باردة من الجنوب وتصل إلى المنطقة . وهناك أمثلة مشابهة توضحها المحطات الموجودة فى صحراء شمال إفريقيا وصحراء أريزونا . وفى ظل ظروف كهذه ، تصبح الحياة ويصبح العمل فى هذه المناطق من الأمور الشاقة والصعبة . ولقد تعودت العيون الناعسة (نصف المغمضة) على الانبهار الضوئى المنعكس من الرمال والصخور كما تعودت على ظاهرة السراب الذى يبدو فى صورة بحيرات زرقاء ذات بريق مؤقت متلألئ .

وتعطى ليالى الصيف فى المناطق الصحراوية بعض الراحة عندما تنخفض درجة الحرارة تحت تأثير عملية الإشعاع خلال السماء الصافية ، ولكن هذا الانخفاض يظل محتفظا بدرجات حرارة أعلى من درجات الحرارة فى فترات بعد الظهر فى إصيف غرب أوروبا . وتظل درجات حرارة الليل أعلى من ٢١°م (٧٠°ف) فى Phoenix فى صحراء أريزونا ، كما تصل إلى مناسيب أعلى من ذلك فى محطات الصحراء الافريقية . ففى عين صالح تكون متوسطات أدنى درجات الحرارة اليومية فى شهر يوليو أكثر من

٣٠°م (٨٦°ف) ومن ثم يكون المدى الحرارة اليومى الكبير فى فصل الصيف نتيجة لارتفاع درجة الحرارة العظمى أثناء النهار وليس نتيجة لانخفاض درجة الحرارة الصغرى أثناء الليل .|وباستخدام الحرارة اليومية فى الظل ، يتراوح المدى اليومى للحرارة ما بين ١٧ ــ ٢٢°م (٣٠ ــ ٤٠°ف) ، وإن كانت قد سجلت بعض الأرقام الاستثنائية . فكان متوسط المدى الحرارى اليومى فى وادى الموت فى شهر أغسطس ١٨٩١ حوالى ٣٥°م (٦٤°ف) وكان أقصى مدى حرارى يومى هو ٤١°م (٧٤°ف) .

وقد يصل المدى الحرارى اليومى لسطح اليابس إلى أكثر من ٣٩°م (٧٠°ف) ؛ ففى هضبة مرزق ، وصلت درجة حرارة السطح الرملى فى يوم ٩ أبريل ١٩٤٤ إلى ١٠°م (٥٠°ف) فى منتصف الليل كما وصلت إلى ٤٥°م (١١٣°ف) فى منتصف النهار . ولا تتغير درجة الحرارة على الرغم من ذلك على من سطح الأرض قدره ٢٥ سم (١٢ بوصة) إذ تكون حوالى ٢٥°م (٧٧°ف) مع أرتفاع بسيط بعد الظهيرة . ولهذا نجد أن المناطق الصحراوية تكون مسكنا اللحيوانات الحفارة (حيوانات الجحور) . ولقد إكتشف الانسان ميزات العيش فى الكهف أو فى حفر تغطيها الكتل الصخرية كما هو الحال بلدة شحات Cyrene فى إقليم برقة الليبى . كما وتهدف المنازل ذات الحوائط الطينية السميكة أو الأكواخ التى توجد على شكل خلية النحل فى السهول السورية المرتفعة فى المنطقة ما بين حلب والعاصى Orontes ، إلى عملية التبريد الطبيعى مع إمكانية الحركة الحرة للهواء . ونادراً ما تنخفض درجة حرارة الهواء المحتجز فى المنازل ، على الرغم من ذلك ، عن ٣٠°م (٨٦°ف) أثناء الليل فى الواحات الموجودة فى الصحراء الأفريقية الشمالية ؛ وأنه لأكثر راحة أن ينام المرء فى الهواء الطلق (فى العراء) حيث يكون الهواء الملامس للرمال ابرد منه فى البيوت أو فى الكهوف المحفورة فى جذوع أشجار النخيل .

ولقد صممت الملابس العربية لا لتكون واقية من حرارة الصيف فحسب ، بل لتكون واقية من برد ليالى الشتاء القارس . ويبلغ المتوسط الحرارى لشهر يناير فى بلدة

بسكرا Biskra فى شمال القسم الغربى من صحراء الإفريقية إلى الجنوب مباشرة من جبال أطلس ، ١١°م (٥٢°ف) . كما تصل أدنى درجات الحرارة للشهر نفسه إلى ٦°م (٤٣°ف) . وفى أجاديس Agades الواقعة إلى الجنوب من كتلة أير Air ، يبلغ متوسط حرارة شهر يناير ٢٠°م (٦٨°ف) . ويوضح درجات حرارة الشتاء فى كل المناطق الصحراوية تباينا واضحا عنها فى فصل الصيف الذى تعطى فيه الشمس العمودية تناسقا حرارياً أكبر . وتسير خطوط الحرارة المتساوية فى إتجاه غربى شرقى تقريباً فى الصحراء الأفريقية والصحراء العربية والصحراء الاسترالية وفى الصحراء الأمريكية ، عاكسة بذلك أثر دوائر العرض .

وأثناء الشتاء تكون درجة حرارة النهار أقل منها فى الصيف ، ولكن تعتبر درجات حرارة الليل ذات أهمية خاصة وذلك لأنها تنخفض إلى مناسيب أدنى وأحياناً ما تصل دون درجة التجميد . ففى Yuma التى يصل فيها متوسط درجة الحرارة لشهر يناير إلى ١٢°م (٥٤°ف) ، كانت أعلى درجة حرارة هى ٢٧°م (٨١°ف) وأدنى درجة حرارة هى ــ ٦°م (٢٢°ف) . وتعتبر مدينة لاس فيجاس Las Vegas المركز الأمريكى السياحى والواقعة فى النطاق الصحراوى من أحسن البلدان الصحراوية وذلك لاستخدام نظام التكييف لأيام الصيف الشديدة الحرارة وليالى الشتاء الباردة ، أما المناطق الصحراوية فى العالم القديم فلا تتمع بهذه الميزة . وفى الأجزاء المنخفضة من المناطق الصحراوية ، لا تصل درجات حرارة الليل ــ كما هو الحال فى صحارى الشرق الأوسط ــ إلى درجة التجمد ، ولكن إذا مادعت الضرورة توقد النيران الضخمة ، ويعتبر إستخدام الخيام والبطاطين ضروريا . ويسجل T.E Lawrence كيف أن إستخدام السكر مع قهوة الصباح لم تجد شيئا إزاء برد الفجر القارس للرجال البدو . وباستثناء القسم الجنوبى والجنوب الشرقى من شبه الجزيرة العربية ، يمكن أن يتكون الصقيع ويسقط الثلج فوق القسم الأكبر من الصحراء العربية ؛ أما فى الصحراء وسط استراليا ، فهناك فصل محدد لحدوث الصقيع يمتد ما بين منتصف شهر مايو ونهاية

شهر أغسطس تقريبا فى بلدة Alice Springs وفى النطاق الواقع بين الإرج الغربية Erg Occidental والإرج الشرقية عند El Golea ، يسبب الصقيع خسائر كبيرة فى أشجار الحمضيات (البرتقال والليمون) ويـ١٠ من نمو النباتات الشتوية .

ومازال الارتفاع عن سطح البحر يقلل من درجات الحرارة أكثر من ذلك ، فلا يوجد النخيل فى هضبة الأحجار فى وسط الصحراء الأفريقية نتيجة الأنتظام فى تكـون الصقيع شتاء ففى Tamanrasset التى تقع على منسوب أعلى من ١٢١٩ مترا (٤٠٠٠ قدما) فوق سطح البحر ، يكون متوسط درجة الحرارة فى شهر يناير ١٢°م (٥٣°ف) وتصل أدنى درجة حرارة إلى ـ ٧°م (٢٠°ف) . وعلى منسوب أعلى من ذلك فى حوض الكلورادو وأعلى من منسوب Yuma وصلت أدنى درجة الحرارة إلى ـ ١٢°م (١٠°ف) فى بلدة فورت جرانت Fort Crant التى تقع على منسوب ١٤٩٨ مترا (٤٩١٦ قدما) فوق سطح البحر ؛ وفى سانتا فى Santa Fe فى نيومكسيكو والتى تقع على أرتفاع ٢١٢٣ مترا (٧٠٠٠ قدما) فوق سطح البحر ، هبطت درجة الحرارة إلى ـ ٢٥°م (١٣°ف) كما وتؤكد الأدلة من الصحراء الاسترالية أثر الارتفاع فى انخفاض درجة الحرارة وحدوث الصقيع ؛ ففى بلدة Alice Springs الواقعة على منسوب ٥٨٤ مترا (١٦١٩ قدما) فوق سطح البحر ، يحدث الصقيع لمدة ١٠٢ يوما ؛ أما بلدة Charlotte Springs الواقعة على ارتفاع ٢١٣ مترا (٧٠٠ قدما) فوق سطح البحر فيعمها فصل صقيع يصل متوسط مدته إلى ٦٤ يوما .

ولقد قيل أن المومياث المصرية قد حفظت بالاضافة إلى الجهود التى قام بها المحنطون المصريون ، بواسطة جفاف الرمال وجفاف الغلاف الجوى ؛ ولقد وجدت عملية تحنيط مشابهة فى المناطق الجافة من النطاق الساحلى فى بيرو . وعادة ما تكون الرطوبة النسبية فى الهواء فى المناطق الصحراوية منخفضة حتى لقد تصل إلى حوالى ٢ ٪ ففى ٥ أكتوبر ١٩٥١ عندما كانت تهب رياح جنوبية شرقية فى منطقة جالو Jalo فى

الصحراء الليبية ، كانت الرطوبة النسبية ٩٫٥ ٪ فقط ، وكانت درجة حرارة الظل هى ٤١٫١°م (١٠٦°ف) . وفى ظل ظروف كهذة ، تتشقق الشفاه ، ويجف الجلد ويصعب إطفاء الظمأ .

ولكن الرطوبة النسبية فى المناطق الصحراوية . على الرغم من ذلك ، تعتبر بصفة عامة أعلى من تلك النسب فهى تتراوح فى بلدة أليس . سبرنجز ما بين حوالى ٣٦ / فى فصل الشتاء وحوالى ٢٥ ٪ فى فصل الصيف ؛ أما بالنسبة لبلدة يوما Yuma فتكون الأرقام ٤٧ ٪ ـ ، ٣٤ ٪ على التوالى ، ولكن لا يمكن مقارنة هذه الأرقام إذ أن القراءات لا تشير إلى نفس الوقت أثناء اليوم . وتنشأ الاختلافات فى الرطوبة النسبية أساسا نتيجة للتغيرات فى أتجاه الرياح . فلقد قفزت أرقام الرطوبة النسبية فى فترة وجيزة من شهر أكتوبر فى واحة جالو من ٩٫٥ ٪ إلى ٨٥ ٪ وذلك لأن الرياح الجنوبية الشرقية تغيرت وتحولت لتهب من الشمال . وفى القاهرة تخفض رياح الخماسين تلك الرياح الجنوبية الجافة المرتبطة بحركة الانخفاضات الربيعية على طول ساحل البحر المتوسط من الرطوبة النسبية إلى أقل من ٢٥ ٪ ، ولكنها ترتفع إلى ٨٠ ـ ٨٥ ٪ عندما تهب الرياح على اليابس من البحر المتوسط . وطالما كانت الرطوبة النسبية غير شديدة الانخفاض ، فإن عملية التبريد الليلى للهواء الملامس لسطح الأرض إلى ما دون نقطة الندى تحدث رطوبة مفيدة للنبات ؛ وغالبا ما يتكون الضباب فى الأدوية والمنخفضات ؛ ولكن عندما ترتفع درجة الحرارة أثناء النهار ، سريعا ما يتبدد الندى بالبخر بعد ترطيبه لسطح الصخر مما يساعد على عملية تفكك الصخر وتحلله . وتتطلب الرطوبة النسبية المنخفضة درجات حرارة منخفضة لتصل إلى نقطة الندى ولتتمكن من عملية التكثيف ، فإذا قلنا مثلا أن الرطوبة النسبية كما هو الحال فى أليس سبرنجز ، فإنه ينبغى أن تنخفض درجة الحرارة إلى درجة التجمد تقريبا حتى تتكون قطرات الندى ، ومثل هذه الحالة غير محتملة الحدوث فى شهور الصيف . وتؤدى الحرارة المرتفعة والرطوبة النسبية المنخفضة إلى أرتفاع فى معدلات التبخر ، غير أن ندرة المحطات المزودة بأجهزة قياس البخر تجعل

إعطاء صورة واضحة للمناطق الصحراوية أمراً مستحيلا . ففى أليس سبرنجز يصل معدل البخر إلى حوالى ٢٤١٣ ملليمترا (٩٥ بوصة) فى السنة ، وهو ما يبلغ عشرة أمثال المتوسط السنوى للمطر على وجه التقريب . وهناك محطات فى صحراء شمال أفريقيا تسجل معدلات البخر تصل إل ٤٠٦٤ ملليمترا (١٦٠ بوصة) سنويا . ويعمل معدل البخر فى Yuma أثناء الصيف إلى ١٣٩٧ مللميترا (٥٥ بوصة) فى حين أن ما يسقط عليها من أمطار هو ٢٥ ملليمترا (١ بوصة) فقط .

ولقد أتضحت أهمية الدراسة الكمية لفقدان المياه بعملية البخر عندما تكون Salton Sea فى عام ١٩٠٤ فى صحراء كلورادو نتيجة فيضان مياه نهر الكلورادو . وعندما التزم النهر لمجراه مرة ثانية فى عام ١٩٠٧ تاركا مساحة من المياه العذبة هى Salton Sea على شكل بحيرة تقدر مساحتها بحوالى ١١٤٠ مليون متر مربع (٤٤٠ ميل مربع) ، وقد أمكن تحديد المياه المفقودة بواسطة قياس الوارد من المياه إلى البحيرة وما ينصرف منها وقياس منسوبها فكان المتوسط السنوى للمياه المفقود بالبخر هو ١٥٢٤ ملليمتراً (٦٠ بوصة) . ولقد قدمت دراسة البحيرات فى النظام النهرى لحوض نهر الأردن متضمنا بحيرة طبرية والبحر الميت ، كما قدمت دراسة بحيرة ميد Lako Mead فى أمريكا الشمالية ، بيانات مفيدة للمهندسين المهتمين بمشاكل تخزين المياه سواء أكانت للشرب أو للرى فى خزانات مكشوفة فى المناطق الجافة .

الصحارى الحارة الساحلية :

هناك بعض الوسائل أو الأسباب التى تعدل من الخصائص المناخية المميزة للصحارى الحارة على طول السواحل الغربية للقارات ، حيث تؤدى التيارات البحرية الباردة وعمليات تقليب المياه التى ترتبط بها Upwelling إلى تغيرات واضحة . كما تتأثر درجات الحرارة بالتبريد نتيجة تأثير البحر نفسه فينخفض المدى الحرارى السنوى بصورة ملحوظة . فالمتوسط الحرارى السنوى لبلدة كالاو Callao فى بيرو هو ١٩°م (٦٧°ف) فقط ، وفى أكيك Iquique فى شيلى ١٩°م (٦٦°ف) ، ويعتبر الرقمان

شاذان بالنسبة للدوائر العرضية . كما تصل درجة حرارة أشد الشهور حرارة فى كالاو Callao إلى ٢٢°م (٧١°ف) فقط ، ودرجة حرارة أبرد شهر إلى ١٧°م (٦٢٫٥°ف) أما المدى الحرارى السنوى فهو ٥°م (٩°ف) . وفى خليج والفيز Walvis فى جنوب غرب أفريقيا يبلغ المتوسط الحرارى السنوى ١٧°م (٦٢°ف) ، ويبلغ المدى الحرارى السنوى ٦°م (١٠°ف) فقط ويبلغ الفرق بين متوسط أعلى درجات حرارة فى أشد الشهور حرارة ، وبين متوسط أدنى درجات حرارة فى أبرد الشهور ١٦°م (٢٩°ف) فقط أما المدى الحرارى اليومى لهذه المحطات فهو حوالى ١١°م(٢٠°ف) فقط أى حوالى نصف المدى الحرارى اليومى للمحطات الموجودة فى المناطق الداخلية من الصحراء الأفريقية والتى يوضح سياجها الساحلى كما هو فى ريودى أورو Rio de Oro مثل هذه التعديلات فى نظام درجات الحرارة أما بخصوص كميات الأمطار ونظام سقوطها على المناطق الصحراوية الساحلية ، فإنها لا تختلف كثيراً عن المناطق الصحراويه الحارة (الداخليه) إذ يبلغ متوسط المطر السنوى على المنطقة الصحراوية من ساحل بيرو حوالى ٢٥ ملليمترا فقط (١ بوصة) ومتوسط ما يسقط على كالاو هو ٣٠ ملليمتراً (١٫١٨ بوصة) ولا يسقط على سواكوبموند Swakopmund فى جنوب غرب أفريقيا إلا حوالى ١٦ ملليمتراً (٠٫٦٥ بوصة) كما يتصف سقوط المطر على تلك المناطق الساحلية بعدم الانتظام سواء فى توزيعة الفصلى أو فى كميته السنوية . ففى بلدة تشيكاما chicama التى ذكرت سابقاً صفحة (٤٢) حدثت أنهمارات فجائية بعد فترة جفاف طويل . كما أغرقت بلدة سواكوبموند Swakopmund فى عام ١٩٢٤ بأمطار أنهارية وصلت كميتها إلى ٥١ ملليمتراً (٢ بوصة) فى يوم واحد ؛ ولم تصل كمية الأمطار فى هده السنة كلها إلا حوالى ٥٥ ملليمتراً (٢٫١٦ بوصة) . بينما بلغ متوسط المطر السنوى بعيداً صوب داخل يابس الأرض فوق رصيف ناميب Namib Platform الذى يقع على منسوب ٧٣١ متراً (٢٤٠٠ قدما) فوق سطح البحر ويبعد عن ساحل البحر بحوالى ٨٠ كيلوا مترا (٥٠

ميلا) ؛ مقدار ٢٦ ملليمتراً (١٫٢٩ بوصة) فقط . وتتفاوت كميات الأمطار ما بين ٧٦ ملليمتراً (٣٫١ بوصة) ، ١٥ ملليمتراً (٠٫٦ بوصة) .

وأهم ما يميز المناطق الصحراوية الساحلية عن المناطق الصحراوية الداخلية أيضا إرتفاع الرطوبة النسبية والضباب التى تسببه الرياح السائدة والهابة صوب اليابس من البحر . ويساعد الارتفاع فى الرطوبة النسبية على وجود حياة نباتية هزيلة كما يؤدى إلى وجود حياة نباتية دائمة على إرتفاع ١٥٢٤ متراً (٥٠٠٠ قدماً) على هيئة نطاق من النبات الطبيعى كما هو الحال فى جبال الأنديز فى بيرو . وتقرب الرطوبة النسبية فى خليج والفيز Walvis Bay بأنتظام من ١٠٠ ٪ خلال النصف الأول من أيام منتصف الصيف . وبعد منتصف اليوم تأخذ الحرارة فى الأرتفاع وتبدأ تنقشع سحابات الضباب وتنخفض الرطوبة النسبية إلى حوالى ٧٥ ٪ . وقد يكون الاختلاف فى الرطوبة النسبية فى بعض الأحيان فى حدود ١٠ ٪ متفاوتا فيما بين أقصى رطوبة نسبية ١٠٠ ٪ وأدنى رطوبة نسبية ٩٠ ٪ وقد سجل الضباب على مدى ١٥٠ يوما سنويا فى سواكوبموند Swakopmund ، فى حين أنه بعيداً عن الساحل الغربى لأمريكا الجنوبية ، قد سجل داروين Darwin فى رحلته المعروفه بأسم Voyage of the Beagle أنه قد رأى سلسلة الكورديلليرا Cordillera الواقعة خلف مدينة ليما Lima فى بيرو ، مرة واحدة فقط أثنا الستة عشر يوما الأولى من رحلته ، وكان ذلك بسبب وجود السحب الطباقية Stratns التى تحركت صوب يابس الأرض بواسطة نسمات البحر والتى ما تلبث أن تتبخر بعد ذلك . وتزداد نسمات البحر فى قوتها على مثل هذه المناطق الساحلية بأرتفاع درجة حرارة اليابس ، فإنها تهب حتى وقت الظهيرة دون قوة ٣ حسب مقياس بوفورت Beaufort ، أما أثناء معظم فترة ما بعد الظهيرة فتصل سرعتها إلى قوة ٤ أو قوة ٥ ، وتقوم بحمل الذرات الناعمة من الرمال الآخذة فى الجفاف لتجعل الحياة فى تلك المناطق غير مريحة .

وفى جنوب غرب أفريقيا يتقطع النظام العادى لنسيم البحر بواسطة الرياح المعروفة بأسم رياح الجبل Berg والتى تتميز بأرتفاع درجة الحرارة والجفاف والتى تهب من اليابس صوب البحر ، وتعرف هذه الرياح محليا بأسم « الطبيب ، Doctor » . وتحمل هذه الرياح كميات كبيرة من الغبار لعدم أميال لتلقى بها فى البحر وتؤثر على حركة السفن . ولكن من مزايا هذه الرياح ، على الرغم من ذلك ، أنها تخفف من الرطوبة الناتجة عن الارتفاع العادى فى الرطوبة الجوية كما أنها ترفع من درجة الحرارة إلى درجات قد تصل إلى ٣٢°م (٩٠°ف) . وكانت أعلى درجة حرارة سببتها رياح الجبل Berg فى صحراءناميب هى ٤٦°م (١١٥° ف) فى بلده بورت نولوث Port Nolloth . كما يمكن للبخر الذى عادة ما يكون منخفضا ، أن يصل إلى أرقام مرتفعة فى ظل رياح الجبل ، وعادة ما يزيد صوب الداخل حيث يرتفع الضباب بعيداً عن المنطقة الساحلية .

مناطق الاستبس الحارة :

يعتبر تحديد مناطق الاستبس واستغلالها من المشكلات الكبيرة . فإذا كان يمكن لمعظم الناس أن يتبينوا الجفاف المطلق ، فإن صفحات التاريخ لاستثمار الأرض فى كل من العالم القديم والعالم الجديد وكذلك فى استراليا تدل على أنه ليس من السهل تبين شبه الجفاف ، إذ أن هناك أمثلة عديدة من الأخطاء التى أرتكبها الزراع والرعاة الذين يعيشون فى المناطق شبه الجافة . ومناطق الاستبس هى بالضرورة نطاقات أنتقال تجمع بين الخصائص المناخية الصحراوية الحقة والخصائص المناخية للمناطق الأكثر رطوبة . وغالبا ما يتفق الحد الذى يفصل بين مناخ مناطق الاستبس ومناخ المناطق الرطبة وتلك المناطق التى تتساوى فيها كمية الأمطار وكمية البخر ، إلا أنه يمكن أن يختلف هذا الحد من فصل إلى فصل ومن سنة إلى أخرى . وبمقارنة مناطق الاستبس بالهوامش التى تفصلها عن المناطق المطيرة ، نجد أن المطر يكون أقل وأكثر تغيرا (ذبذبة) كما أن البخر يكون أعلى ؛ إلا أن التغيرات الفصلية فى سقوط المطر ودرجة الحرارة تكون

واضحة فى المناطق ذات المناخ الأكثر جفافا . ومن هنا نجد أن التغيرات الفصلية الواضحة فى نظام سقوط المطر هى التى تميز حقيقة المناطق شبه الجافة من المناطق الجافة .

وتدل الحروف « BSh » فى تقسيم Koppen على مناخ الاستبس الحار ، بإضافة الحرفين « w » , « s » للدلالة على أجف فترة شتاء وصيف على التوالى . وتتمثل المناطق شبه الحارة من حيث علاقتها بالمناطق الصحراوية الحارة أحسن تمثيل فى شمال أفريقيا وإستراليا ، كما توجد هناك مساحات شاسعة فى باكستان الغربية وجنوب إيران والهوامش الشمالية والشرقية لصحراء ناميب وصحراء كلهارى فى جنوب أفريقيا . وتوجد الإستبس الحارة أساساً فى أمريكا الشمالية فى حوض كاليفورنيا الأدنى والمكسيك . كما ينبغى أن تعتبر منطقة ظل المطر والأكثر جفافا فى شمال هضبة لدكن فى شبه القارة الهندية ضمن أراضى الإستبس الحارة ، هذا بالإضافة إلى قطاعات من وادى كاليفورنيا التى يجب إدخالها ضمن هذا النمط المناخى .

وتعتبر الهوامش الصحراوية فى شمال القارة الأفريقية أمثلة من الانتقال إلى مناخات أكثر مطراً فى فصول متباينة من السنة . فيقع على الجانب الشمالى من الصحراء الأفريقية حزام من أراضى الاستبس يمثل منطقة إنتقال إلى المناخ الحقيقى للبحر المتوسط . ويستقبل هذا الحزام الإنتقالى مطره عن طريق الأعاصير المتولده على سطح الاتصال بين الهواء القطبى والهواء المدارى ، والذى يمتد بمحاذاة البحر المتوسط شتاء . ومن المحتمل أيضا سقوط الأمطار الإعصارية فى هذا الفصل على طول الهامش الجنوبى للصحراء الأفريقية على إقليم الاستبس الذى يمثل منطقة أنتقال إلى أراضى السفانا .

وتصل كمية الأمطار الشتوية على مناطق الاستبس شمال الصحراء الأفريقية إلى ٥٠٨ ملليمتراً (٢٠ بوصة) ، وقد يكون بعض التساقط على هيئة ثلوج فوق المناطق المرتفعة . وتعتبر درجة الإختلاف فى الكمية الساقطة من الأمطار عالية ، إلا أن أرقام متوسطات المطر تعتبر أكثر دلالة منها فى المناطق الصحراوية فتسقط على توزير Tszeur فى تونس ٨١ ملليمتراً (٣٫٥ بوصة) ، فى حين أنه نسقط على صفاقس Sfax

الساحلية ضعف هذه الكمية تقريبا . وعلى الرغم من قلة المطر على تلك الأماكن إلا أنه بالغ الأثر على الحياة النباتية وذلك لسقوطه شتاء حيث تكون درجات الحرارة منخفضة وكميات البخر قليلة . أما المدى الحرارى فإنه أقل منه فى الصحراء الأفريقية فيصل متوسط النهايات العظمى إلى ٢٦٫٧°م (٨٠°ف) على الساحل ومتوسط النهايات الصغرى إلى ٢٫٨°م (٥٥°ف) . كما أن التغيرات العديدة فى إتجاة الرياح أثناء مرور الإنخفاضات الجوية فى فصل الشتاء تسبب تغيرات مفاجئة فى الرطوبة خاصة عندما تسود الرياح الجنوبية ولهذه الرياح أسماء محلية وتعتبر الخماسين أشهرها .

وتكون الإستبس الحارة التى تقع على الهامش الجنوبى للصحراء الأفريقية فى كل من السودان وأفريقيا والساحل Sahel ، أكثر جفافا وذلك لسقوط الأمطار خلال فصل الصيف عندما تكون معدلات الحرارة والبخر مرتفعة وإن كانت أقل منها فى المناطق الصحراوية نفسها . وقد تصلى من الصحراء المجاورة للأستبس درجات حرارة مرتفعة ورطوبة منخفضة بواسطة رياح الهرمتان Harmattan التى تزيد من جفاف المناطق الصحراوية . ففى النطاق الصحراوى لشمال أفريقيا تثير رياح الهرمتان العواصف الترابية التى تحجب الرؤيا والتى ينفذ ترابها من خلال الملابس وإلى العيون والآذان والأفوق والحناجر . أما فى منطقة الاستبس الجنوبية فإن هذه الرياح تأتى بالسحب الترابية وتعمل على تحريك الكثبان الرملية فى الإتجاه الجنوبى الغربى . ويكون المدى الحرارى السنوى فى الإستبس الجنوبية أقل من المدى الحرارى السنوى فى الحزام الشمالى شبه الجاف فيصل المدى الحرارى السنوى فى حلة دوليب Hillet Doleib بالسودان إلى ٥°م فقط (من ٢٦° م ـ ٣١° م) أى ٩° ف (٧٩° ف ـ ٨٨° ف) . ويسقط المطر عندما تتحرك كتل الهواء الإستوائية الرطبة نحو الشمال شهور قليلة من الصيف وأثناء استقرار الإنخفاض الاستوائى على المناطق المرتفعة . ولما كان سقوط المطر فى الفصل الحار من شأنه أن يقلل من آثاره ، لذا نجد أن حلة دوليب التى يسقط عليها من المطر ٧٦٢ ملليمتراً (٣٠ بوصة) والتى تسقط فى شهور يصل فيها المتوسط الحرارى إلى

أكثر من ٢٦° م (٨٠° ف) ، تتصف بنفس الجفاف الذى يسود بلدة Tozeur فى تونس والتى لا يسقط عليها من المطر سوى عشر كمية المطر التى تسقط على حلة دوليب .

الصحارى المعتدلة :

يمتد الجفاف خارج المنطقة التى تسودها كتل الضغط المرتفع المدارى إلى المناطق الداخلية من يابس القارات فى نطاق العروض الوسطى . فهناك مساحات شاسعة فى داخل قارتى آسيا وأمريكا الشمالية ، عبارة عن صحارى معتدلة أو مناطق استبس . ولما كانت درجات الحرارة الصيفية فى تلك المناطق قد تصل فى أرتفاعها إلى ما هى عليه فى الصحارى الحارة فإن الصفة المميزة ينبغى أن تكون البرودة الشتويةالقارسة والتى تحمل معها التغيرات الرئيسية فى الحياة النباتية وفى استغلال الأرض . ويدل التفاوت فى درجة الحرارة فى الصحارى المعتدلة بين الصيف والشتاء على أن درجات المدى الحرارى السنوى فى تلك الجهات تعد من أعلى درجات للمدى الحرارى السنوى على سطح الأرض . وقد تشتد برودة الشتاء نتيجة للرياح الباردة أو الكتل الهوائية الباردة المنحدرة على سفوح الجبال المحيطة بالاحواض الأكثر جفافا فقد تنخفض درجات الحرارة فى الشتاء إلى أدنى من الصفر ـ ١° (٣٠° ف) مؤدية بذلك إلى تكون الصقيع وإمكانية سقوط الثلج . فمثلا يسقط الثلج على Kazalinsk فى كازاخستان الروسية لمدة سبعين يوما ، كما يصل عدد أيام تكون الصقيع إلى ١٨٣ يوما . وكذلك يمكن أن تنخفض درجة الحرارة فى طقشند Tashkeut التى يبلغ متوسط الحرارة بها فى شهر يناير ـ ١٫٣° م (٢٩٫٧° ف) إلى ـ ٣٠° م (ـ ٢٢° ف) أثناء ، موجات البرد ، كما يمكن أن يسقط الثلج خلال ٣٧ يوما فى السنة ويحدث الصقيع فى ١٢٥ يوما . وعلى الرغم من أن الظروف يتميز بها معظم وسط آسيا ، فإن فصول الشتاء فى مناطق أخرى تقع على نفس العروض مثل القوقاز Caucasus تعتبر أكثر أعتدالا مع قليل من الثلج والصقيع . وتوجد مثل هذه الاختلافات فى أمريكا الشمالية حيث تصل

متوسطات أدنى درجات الحرارة فى شهر يناير فى أجزاء من أريزونا وكلورادو إلى ما فوق نقطة التجمد وبالتالى فإنها تأتى فى نطاق الصحارى الحارة فى حين أن أحواض الهضاب المرتفعة والأودية فى أريزونا وكلورادو وفيومكسيكو تصل فيها درجات الحرارة إلى ـ ١٧° م (٢٠° ف) وهى درجة تؤدى إلى تكوين الصقيع .

وتتميز الصحارى المعتدلة بالمدى الحرارى السنوى واليومى الكبيرين ، كما تتميز بالهواء الجاف والأشعاع الشمسى المرتفع فى جو لا يوجد به إلا القليل من السحب ويتضح أثر التضاريس على الظروف الجافة وشبه الجافة فى الأحواض الجبلية المرتفعة وعلى سلاسل الجبال . فتكون الأحواض الصحراوية فى وسط آسيا مفتوحة جهة الشمال بفتحات تضاريسية يندفع خلالها الهواء البارد فى فصل الشتاء فينخفض من درجة الحرارة بصورة واضحة مؤديا إلى انخفاض كبير فى متوسطات أدنى درجات الحرارة فى شهر يناير عنه فى الصحارى المعتدلة فى أمريكا الشمالية . كما يصل المتوسط الشهرى لدرجات الحرارة فى نصف السنة الشتوى إلى أقل من نقطة التجمد ولهذا يتجمد بحر آرال لمدة أربعة أو خمسة أشهر كل سنة ، ويظل الثلج الطافى فوقه فى كثير من السنين حتى منتصف شهر مايو . كما يتجمد الجزء الأدنى من نهر سيرداريا Syr Darya فى الجزء الجنوبى من كازاكستان Kazakhstan حيث تصل درجة الحرارة فى شهر يناير إلى ـ ١٢° م (٤ر١٠° ف) أى أقل منها فى خليج فنلندا ، إلا أنه فى الوقت الذى ماتزال فيه الثلوج فوق وادى سيرداريا الأدنى ، تكون أشجار الخوخ واللوز مزهرة فى طشقند . وإلى الشرق من ذلك نجد أنه أحيانا ما يتجمد سطح بحيرة بلكاش Balkhash تماماً . وغالبا ما تريح الرياح الباردة الآتية من الشمال والشمال الشرقى الثلوج السميكة مؤدية بذلك إلى وجود بيئة قاسية . وقد يرتفع أقصى درجة حرارة أثناء النهار فى الأيام المشمسة الهادئة إلى حوالى ٤° م (٤٠° ف) ، إلا أن هذا الارتفاع يكون عاديا فى المناطق الجافة التى تقع إلى الجنوب والتى تكون فيها درجة حرارة أبرد شهرين فى السنة ــ وهما يناير وفبراير ــ أعلى من درجة التجمد إلا عندما تهب رياح باردة آتية من الشمال مؤدية

إلى سقوط قليل من الثلوج التى لا تلبث أن تذوب بعد فترة قصيرة .

وعلى النقيض من ذلك يكون فصل الصيف غاية فى الجفاف والحرارة . فقد مرت عشر فترات سيفية (من يوليو حتى سبتمبر على بلدة Bairam. Ali فى Tnrkmenistan دون سقوط قطرة مطر واحدة . ولقد تضافرت الحرارة الشديدة والأمطار الشحيحة والسحب القليلة والرطوبة النسبية المنخفضة فى خلق بيئة جافة ومتربة . وتقلل الرياح العمودية الناتجة عن الإضطراب الجوى الذى تسببه|الظروف غير المستقرة للطبقات السفلية من الغلاف الجوى والملامسة لسطح الأرض الساخن من الرؤيا كما تقلل من شفافية الغلاف الجوى . وقد تقترب درجات الحرارة فى الظل فى النطاق الصحراوى الجنوبى من ٥٠° م (١٢٢° ف) وبالتالى تكون درجة حرارة الأرض أعلى من ذلك . وفى الجزء الجنوبى من طوران Turan تصل أقصى درجة حرارة أثناء النهار فى الظل إلى ما يزيد عن ٥٠° م (١٢٢° ف) ، فى حين أنه فى ٢٠ يوليه ١٩١٥ قد وصلت درجة حرارة سطح الرمال فى Kepelik إلى ٩٦° م (١٧٤° ف) ، وعلى ذلك لم يكن مستغربا أن يصل المدى الحرارى اليومى إلى ٧٨° م (١٤٠° ف) . وفى الحقيقة أن هذه الظروف لا تختلف عن الظروف الجوية للصحارى الحارة المدارية ، الأمر الذى جعل منها مرتعا للحيوانات الحفارة حيث تختبىء فى جحورها أثناء النهار وتظهر على سطح الأرض للبحث عن قوتها أثناء الليل حيث الحرارة ألطف إذ تصل فى المتوسط إلى ٢٥° م (٤٥° ف) والتى تقل عن درجة حرارة النهار بحوالى ٥٠° م (٩٠° ف) .

هذا وقد تهب الرياح الجافة المتربة بقوة ملحوظة ، وتزداد فى قوتها فى فترات بعد الظهيرة . ولقد هبت رياح « الأفغانتس Afganets » وهى رياح محلية واضحة على الحوض الأعلى لنهر آموردارياِ Amur Darya فى الفترة ما بين ٢٠ ، ٢٢ أغسطس ١٩٣٠ ، وأثارت كمية من الغبار فى الجو أصبح من المأمون معها النظر إلى الشمس دون حماية الأعين بالنظارات الشمسية .

ويرتبط بقلة كمية السحب أثناء الصيف تكون سحب السيرس Cirras المرتفعة ذات الأثر الضئيل فى حجب أشعة الشمس (تزيد ساعات سطوع الشمس فى آسيا الوسطى فى فصلى الصيف والخريف عنها فى مصر) ، كذلك يرتبط بانخفاض قيم الرطوبة النسبية التى تصل فى متوسطاتها إلى ٣٠ ٪ فقط فى الجنوب والتى تنخفض إلى ٥ ٪ ، إرتفاع معدل البخر إلى أقصاه وبخاصة فى شهر يوليو . وتتمتع طشقند بمعدل بخر يزيد فى المتوسط على ثلاثة أمثال ما يسقط عليها من أمطار ، وقد يصل الجفاف فى بعض السنوات إلى أكثر من ذلك . أما فى توركيل Turkul حيث يزيد البخر على التساقط بـ ٣٦ مرة فى المتوسط ، قد يصل البخر فى بعض الأحيان إلى ٢٧٠ مرة أكثر من التساقط ، ذلك التساقط الذى يكون على معظم أجزاء آسيا الوسطى أقل من ٢٥٤ ملليمتراً (١٠ بوصة) سنويا . وعلى الرغم من أن كمية المياه المتبخرة من سطح الأراضى الصحراوية الجافة تكون قليلة بدرجة ملحوظة ، إلا أن البخر من المسطحات المائية فى الصحارى مثل الأنهار والبحيرات حيث تكون المياه متوفرة يكون مرتفعا فيفقد نهر سرداريا Syr Darya عند بلدة كاز النسك Kazalinsk بواسطة البخر السنوى ما مقداره ١٤٦٣ ملليمتراً (٥٧٫٦ بوصة) ، ويفقد ثلاثة أرباع هذه الكمية فى الفترة ما بين شهرى أبريل وسبتمبر . وحيث أن هذه الظروف فى فصل الصيف تتشابه بدرجة كبيرة مع ظروف الصحارى الحارة ، فإنه يصبح ضروريا مقارنتها فى كل من آسيا وأمريكا الشمالية ، وذلك على الرغم من أن التضاريس المحلية كما هو الحال فى حوض فيرجانا Fergana يمكن أن تؤدى إلى أختلافات محلية واضحة :

مناطق الاستبس المعتدلة :

تكون هذه المناطق فى كل من أمريكا الشمالية وآسيا جزءا من سياح الانتقال بين الصحراء الحقة ومناطق الأعشاب القارية Area Continental Grassland . وتسقط على هذه المناطق أمطار أكثر مما يسقط على المناطق الصحراوية ، ولكن ما يزال سقوط المطر فيها متذبذبا . ولقد كانت هذه المناطق مناطق الكوارث الإقتصادية وذلك راجع

إما لكون الظروف المناخية شبه الجافة غير ملموسة بها ، وإما لأنها كانت تعامل على أنها ضمن المناطق المطيرة . ويدخل ضمن هذا النمط المناخى السهول العظمى فى الولايات المتحدة الأمريكية بين المناطق الجافة العادية فى الغرب والمناطق المطيرة العادية فى الشرق . ولقد أوضحت تلك المناطق أنها مناطق التذبذب المناخى عندما تسود سنوات الجفاف أثناء تحرك حد الجفاف وتقدمه صوب الشرق . أما فى آسيا الوسطى فإن منطقة الاستبس المعتدلة تتدرج إلى النطاق شبه الصحراوى الممتد من نهر إمبا River Emba الذى ينصرف إلى بحر قزوين ، وإلى بحيرة زايسان Zayasn فى الشرق ثم يستمر مخترقا منغوليا على طول الهامش الشمالى للصحارى المعتدلة من جوبى حتى يصل إلى حوض الهوانج هو Hwang - Ho وشمال غرب الصين .

وتحدث ــ كما هو الحال فى الصحارى المعتدلة ــ تغيرات حادة فى درجات الحرارة السنوية واليومية . ويفصل فصل ربيع قصير فصول الشتاء الباردة عن فصول الصيف الحارة ، وبالذات عندما يكون التساقط قليلا وغير مؤكدا ، وتكون الأمطار أقل من ٣٠٤ ملليمتراً (١٢ بوصة) وعادة ما يكون التساقط فى فصول الشتاء على هيئة ثلوج ، ولكن لا تكون هذه الثلوج فى كل من آسيا الوسطى والأراضى شبه الجافة فى الغرب الأمريكى سوى طبقات رقيقة لا تلبث أن تذوب أثناء فترات الدفء . وعندما يتبع هذا التساقط الثلجى بظروف قارسة البرودة ، يمكن أن تتكون طبقة من الجليد تمنع الحيوانات من الوصول إلى النباتات القزمية شبه الجافة . أما الثلج المتبقى ، غير الذى تكوم على هيئة تلال ثلجية ، فيذوب بسرعة نتيجة الزيادة السريعة فى الحرارة فى فصل الربيع كما تدهمه أيضا أمطار الربيع ؛ والمياه الذائبة إما أن تنصرف بسرعة فوق أرض مازالت متجمدة إلى الأنهار ، وإما أن تتبخر غير تاركة سوى بقايا تمتصها الأرض . أما التلال الثلجية المتأخرة الذوبان فإنها بذلك تصبح موردا حيويا ومفيدا للمياه التى تحتاجها النباتات فى فصل الربيع .

وعادة لا ترتفع درجة الحرارة فى فصل الصيف إلى الحد الذى ترتفع إليه فى المناطق الصحراوية ، ولكنه يمكن أن تصل درجة الحرارة فى الظل إلى ٤٠° م (١٠٤° ف) ، ويزداد أثر هذا الارتفاع فى الحرارة بهبوب الرياح الجافة التى تؤكد معدلات البخر المرتفعة . والأمطار الساقطة سيفاً فوق أراضى فقيرة فى غطائها النباتى تنساب على طول أودية المنحدرات Gullies ويتسرب القليل منها ليختزن كمياه

أنواع المناخ المحلية والميكروسكوبية :

هناك نطاقات كبيرة من سطح الأرض عبارة عن أرض جافة تتباين فيها الصورة التضاريس من هضاب مرتفعة إلى أحواض جبلية ثم إلى سهول إرسابية نهرية . ولهذا كان من الضرورى إدخال التغيرات أو الاختلافات المحلية فى المناخات المحلية والميكروسكوبية فى الاعتبار . فالأختلافات الطفيفة فى الصورة التضاريسية ، وعنصر الرطوبة آثارها البالغة على الحيوانات والنباتات الطبيعية وكذلك على الإنسان . فلا تقتصر الطبقة الهوائية الهامة على طبقة الهواء القريبة من سطح الأرض بل تضم أيضاً الهواء الذى تحتويه المواد السطحية للأرض . وحيث أن نظام العلاقة بين الأشعاع ودرجة الحرارة والرطوبة والتساقط والرياح يمكن أن يضطرب بعوامل يمكن أن تتدخل فى هذه العناصر فإنه لمن الواضح أن ظروفا مناخية دقيقة يمكن أن تنشأ نتيجة لعمليات الرى ، وإقامة مصدات الرياح ، وعمليات الحصاد والزراعة الجافة . ويمكن لمثل هذه الظروف المناخية الدقيقة أن تؤدى على سبيل المثال إلى توالد بعض الكائنات الحية فى ظروف غير ظروف بيئتها .

وتتباين قيم البخر والنتح تباينا كبيرا فى حدود مسافات قصيرة فقد دلت القياسات فى الصحراء المصرية على أن منطقة ذات ظل أصطناعى كانت القيمة المقاسة بها نصف القيمة المقاسة فى منطقة غير ظليلة من سطح الهضبة ، وكانت القياسات فى واد قريب ثلاثة أرباع القياسات فوق الهضبة المكشوفة بينما كانت أقل القياسات فى كهف على بعد أمتار قليلة من مدخله . ويمكن أن يقلل وجود التبن Mulch فوق سطح التربة

ـ بتكوينه طبقة مختلفة فى خصائصها عما تحتها من تربة ـ من عملية البخر ؛ ولقد استخدمت هذه الوسيلة كأساس فى الزرعة الجافة . وتساعد طبقة سطحية من التبن ذات الأحجار والزلط على تقليل كمية النتح وذلك بالتقليل من نمو النباتات العشبية الطفيلية . وللطبقة السطحية الطبيعية الناتجة عن عملية الحرث والعزق أثرها المفيد لأنها تقلل من درجة الحرارة العظمى فى منطقة جذور النباتات ، كما يعتقد أنها تحتفظ بالرطوبة فى الطبقات السفلى من التربة . ويمكن لمصدات الرياح كجوانب أدوية المنحدرات الشديدة Sides of Cullics ، وكالكثبان الزملية أو النباتات الطبيعية أن تزيد من المياه المحفوظة على كلا الجانبين (الجهة الآتية منها الرياح أو الذاهبة إليها) . كما تؤثر على درجة حرارة التربة والهواء الملامس لها تأثيرا واضحا . ويغير الاختلاف فى خاصية درجة عكس السطح للأشعة بسبب النبات الطبيعى والحصى والرمال أو الصخور الظاهرة على سطح الأرض فى توازن الحرارة وكذلك فى الظروف المناخية الدقيقة للتربة والهواء الملامس لسطح الأرض . ويمكن أن تكون لمثل هذه الاختلافات فى مواد سطح الأرض آثار هامة على حدوث الندى الذى يكون قليلا من حيث كميته ـ التى تتراوح ما بين ١٠ ـ ٢٠ ملليمتراً (٤ر٠ ـ ٨ر٠ بوصة) فى الليلة فى المناطق الجافة ـ إذا إنتشر على منطقة كبيرة . إلا أن هذه الكمية لها نتائجها الهامة بالنسبة للحيوانات والنباتات الطبيعية إذا ما ركزت فى مناطق ذات درجة منخفضة من حيث التوصيل الحرارى (ضعيفة التوصيل الحرارى) . وهنا تكون درجات حرارة الليل أقل منها فى المناطق المجاورة بشرط أن يكون الهواء ساكنا أو أن تكون الرياح ضعيفة جداً ، فتكون كميات الندى المتجمعة أعلى من الكميات العادية التى ذكرناها آنفا . وتسبب بقايا أوراق الأشجار المتساقطة وكومات الأحجار تركيزا للندى ، ولربما تكون هذه الطريقة قد استخدمت فى الماضى فى زراعة الأراضى الجافة . وعلى الرغم من أن ما نعرفه عن كيفية تكون الندى يعتبر قليلا نسبيا ، فإن هناك إجماع فى الرأى يفضل الحصول عليه عن طريق التقليل من عمليتى البخر والنتح على تكثيفه من الرطوبة الهوائية ، أو بمعنى آخر

الاحتفاظ بالرطوبة الموجودة محليا بالفعل يعتبر أفضل من تقديم مورد جديد .

وإنه لمن الواضح أن واحة بنخيلها أو حقلا مرويا يمكن أن تخلق مناخا محلياً داخل الاطار المناخى العام . فتعتبر الواحة فى الواقع جزيرة نباتية ذات ظروف تختلف إختلافا تاما عن الصحراء على هوامشها . كما تخلق الحيوانات الحفاوة مناخها الدقيق بمعزل عن المناخ القريب من سطح الأرض والواقع تحت تأثير الظروف المناخية القاسية التى لا يمكن لهذه الحيوانات أن تتحملها أثناء النهار . ويمكن أن تلعب قناة رى تخترق الصحراء دوراً هاماً فى خلق بيئة حيوية وذلك بهجرة الحشرات التى لم تؤقلم نفسها للظروف المناخية الصحراوية إليها . وتقوم قنوات الرى فى المناطق الصحراوية فى آسيا الوسطى بخلق مناخ رطب بارد محليا مما يساعد على قيام عدد من الاستراحات على طولها لتستفيد من الهواء البارد الذى يمكن أن تساعد رطوبته العالية على أن تحتفظ أوراق الشاى بطعمها . عملية الحرث للأراضى البكر فى المناطق شبه الصحراوية من تركيب التربة ونظامها وكذلك من مناخها الميكروسكوبى ، وكذلك يحدث التغير فى الغطاء النباتى من كونه متقاربا إلى متباعد خلافى التوازن بكل الحياة البيولوجية . فازالة الغابات بالاضافة إلى الاسراف فى عملية الرى وترك الأرض بورا لاراحتها تؤدى إلى تغير فى تركيب التربة ومناخها كما تؤدى إلى تغيرات فى خصائص الطبقة الهوائية الملامسة لها . ومن ثم فإن تطور المناطق الجافة واستغلالها قد اشتمل على مجموعة من الثغرات الإيكولوجية التى غيرت من مناخها الطبيعى إلى حد كبير بصورة أوضح منها فى المناطق المطيرة (الرطبة) ، والتى يمكن أن تخلق الجفاف الناتج عن تحطيم التوازن فى البيئة Ecological Balance .

التغير المناخى :

ليست المناخات الحالية للمناطق الجافة فى كل من العالم القديم والجديد بكافية لشرح العديد من الظواهر الطبيعية والبشرية فى تلك المناطق فتشير التضاريس والنبات الطبيعى والتربة وكذلك تاريخ استخدام الإنسان للأرض على أنه كانت هناك خلال

الفترات الجيولوجية السابقة ومنذ ظهور الانسان على سطح الأرض تغيرات واضحة فى كمية وكيفية سقوط المطر وكذلك فى معدلات البخر . ولقد كان هناك أهتمام بالتغيرات فى فترات سقوط المطر وكميته ، وتأكدت هذه الاختلافات . كما أبانت الأدلة الحديثة المتزايدة أن هذه المتغيرات قد كانت ، كما ستظل هناك تذبذبات مناخية سواء كانت قصيرة المدى أم طويلة . وإنه لمن الواضح أن الانسان نفسه كان مسئولا عن التغيرات فى إمتداد المساحة التى يسودها المناخ الجاف وخصائصها الطبيعية وذلك بإدخاله حرفة رعى الحيوانات وعمليات الحرق وحرث وتقليب التربة . ولقد حلت المناقشات القديمة الخاصة بكل من الدور الذى لعبته التغيرات المناخية والدور الذى لعبه الانسان ، وأصبح ممكنا الآن تلخيص النتائج الأساسية التى أمكن التوصيل إليها من دراسة المناطق الصحراوية فى العالمين الجديد والقديم .

ولقد اعتمد الاستدلال على التغير المناخى على ما توصل إليه دارسو المناخ القديم والجيولوجيون وعلماء النبات وعلماء الآثار وعلماء التربة وكذلك الجغرافيون . فكانت هناك أعمال منتصلة بدراسة الارتفاع والانخفاض فى منسوب البحيرات ، والتغير فى منسوب مستوى الماء الباطنى ، ودورات الإرساب والنحت ، والمظاهر التضاريسية ، والتربات القديمة . وقام الدارسون بتأريخ هذه الأدلة بالوسيلة النسبية والوسيلة المطلقة مستخدمين ضمن ما استخدموا دراسة الطبقات الرسوبية البحيرية الرقيقة Varves (الطبقات الارسابية السنوية فى البحيرات ، وبخاصة عند هوامش الأنهار الجليدية أثناء العصور الجليدية من الزمن الجيولوجى الرابع) ، وكذلك الحلقات الشجرية ، وطريقة كربون ـ ١٤ ، وكذلك الأدوات الحجرية لانسان ما قبل التاريخ . ولقد أصبح مؤكداً حدوث فترات مطيرة فى المناطق الجافة . إلا أنه يبدو محتملا الان أن التغير فى مناخ المناطق الجافة كان طفيفا للغاية خلال الألفين سنة الماضية الأمر الذى ركز الاهتمام على النشاط البشرى وأثره فى تغيير البيئة الصحراوية أثناء الفترة التاريخية . كما يبدو محتملا ، نتيجة أعتبارات متصلة بالدورة الجوية الأساسية ، أن النطاق الجاف المعروض شبه

المدارية لم يتلاش فى فترة ما قبل التاريخ والفترات الجيولوجية السابقة ، ولكن رقعته قد أنكمشت مع شيء من الزحزحة بالنسبة لموقعة من الدوائر العرضية .

وتعتبر التغيرات المناخية ذات الأهمية البالغة فى دراسة استغلال الأرض فى النطاق الصحراوى الجاف هى تلك التى حدثت أثناء المليون سنة الأخيرة منذ نهاية الزمن الجيولوجى الثالث . فقد تعرض جزء كبير من نصف الكرة الأرضية الشمالى أثناء فترة البليستوسين لتغير رئيسى فى أنواع المناخ التى سادت العالم خلال فترة كبيرة من الأزمنة الجيولوجية . ولقد أدى تتابع الفترات الجليدية المعروفة وهى جنز Cunz ، مندل Mindel ، رس Riss ، وفيرم Wurm ، وما يقابلها فى أمريكا الشمالية من فترات نبراسكا Nebraskan ، وكنساس Kensas ، وإلنيوى Illinonian ثم وسكونسن Wisconsin ، أدى ذلك إلى تكون الغطاءات الجليدية فوق معظم أوراسيا وأمريكا الشمالية . وامتدت الغطاءات الجليدية عبر شمال أوربا من جبال اسكترناوة كما امتد الجليد من غطاءات جليدية ثانوية فى جبال الألب والبرانس والكربات إلى مسافات محدودة إلى الشمال وإلى الجنوب . أما المناطق التى لم يغطها الجليد فقد ترك المناخ شبه القطبى القارس الدليل الواضح على حدوثه على هيئة تربة حفرية متجمدة وأودية ملأتها الرواسب. وفى أمريكا الشمالية أمتد الجليد إلى الجنوب من الكتلة اللورتسية إلى دائرة عرض نيويورك تقريباً على الساحل الشرقى ، كما تكونت غطاءات جليدية ثانوية على النطاق التضاريس الجبلى فى العرب على جبال الكورديلليرا . ولقد وجدت آثار لفترتين جليدتين فى مرتفعات شرق إفريقيا الأثيوبية وجبل كينيا . ولم يكن عصر البليستوسين العصر الذى حدثت فيه الظروف المناخية الباردة فحسب ، ولكنه يعتبر أيضاً العصر الذى شهد النشأة الأولى للأنسان ، ذلك الانسان الذى لم تكن أجزاء العالم المسكونة فى الوقت الحاضر فى متناوله بسبب قسوة الظروف البيئية آنذاك . ومن الأمور المؤكدة أيضاً أن الفترات التى تقع بين الفترات الجليدية والمعروفة بأسم الفترات غير الجليدية Interglacials ، قد أتصفت بمناخ أكثر دفئا وأكثر مطراً من ذلك المناخ الذى يسود

كلا من شمال أوربا وأمريكا الشمالية فى الوقت الحاضر . ولقد تحرك إنسان ما قبل التاريخ شمالا وجنوبا متتبعا الحيوانات التى أعتمد عليها فى معيشتة .

وقبل نهاية القرن التاسع عشر بما يقرب من عشرين عاما ، أى قبل التسليم بحقيقة حدوث الجليد فى القارات الشمالية من العالم بوقت غير طويل ، توصل الدارسون إلى أن الفترات الجليدة فى الشمال تحمل علاقة بفترات مناخية مطيرة فى مناطق العروض الدنيا والتى يتمثل فيها المناخ الجاف الحالى . فأثناء فترة جليد وسكونسن فى أمريكا الشمالية أشغلت بحيرة تصل فى مساحتها إلى ١١٦٥ كم٢ (٤٥٠ ميلا مربعا) وفى عمقها إلى ٤٦ مترا (١٥٠ قدما) وادى إستنشيا Estancia المغلق فى نيومكسيكو . وهذه المنطقة التى يصل فيها متوسط المطر السنوى إلى ٣٥٦ ملليمتراً (١٤ بوصة) فى الوقت الحاضر ، لا يمكن أن تكون كمية المطر هذه فى ظل معدلات التبخر العالية كافية لإيجاد هذا الجسم المائى الضخم إذ يتطلب خلف بحيرة بهذا القدر من كمية المياه كمية من الأمطار تتراوح ما بين ٥٠٧ ملليمترا إلى ٦١٠ ملليمترا (من ٢٠ إلى ٢٤ بوصة) على الأقل . وتعتبر الدراسة القديمة التى قام بها G. K. Gilbert على الشواطىء القديمة لبحيرة بونفيل وأمثلة أخرى عديدة ، دليلا على كمية التساقط الكبيرة فوق تلك المناطق الجافة من الولايات المتحدة الأمريكية حيث لا تزيد كمية المطر السنوية فى الوقت الحاضر على ١٠٢ ملليمتراً (٤ بوصة) وفى أوراسيا ، أتصلت أثناء فترة جليدية بليستو سينية مياه بحر قزوين بمياه البحر الأسود ، وذلك على الرغم من أنه يعتقد فى هذه الحال أن منسوب المياه قد أرتفع نتيجة لانخفاض معدل البخر بسبب إنخفاض درجات الحرارة الصيفية أكثر من كونه نتيجة لزيادة فى الأمطار . وفى الهامش الجنوبى للصحراء الأفريقية حيث لم يكن الانخفاض فى درجات الحرارة أثناء الفترات الجليدية كبيرا ، قد أدت الزيادة فى كميات الأمطار إلى وجود مسطحات مائية بحيرية عذبة أمكن الاستدلال عليها من الارسابات البحيرية ، واتضح أن بحيرة تشاد كانت أكثر أتساعا وأكثر عمقا . كما وجدت بحيرات فى الصحراء الإفريقية نفسها بين مرتفعات

تبستى Tibesti وإنيدى Ennedi ، أما فى إستراليا فهناك الدليل من إرسابات بحيرة قديمة وسابقة لبحيرة أير L. Eyre على إمتدادها الأكبر من إتساع البحيرة الحالى ، والذى يدل عن أن الظروف المناخية كانت أكثر مطرا مما هى عليه فى الوقت الحاضر . أما البحر الميت الذى كان يقع أثناء الفترات الجليدية فى منطقة تتصف بانخفاض درجات الحرارة فى فصل الصيف وفصل مطر طويل ، وكانت مياهه أعمق من مياهه الحالية والأكثر ملوحة ، بحوالى ٢٢٧ م (٧٥٠ قدما) .وتمكن أهمية الفترات بالنسبة لمناطق السكنى الحالية فى النطاق الجاف ــ على الرغم من جفافها ــ فى المياه التى سلأت الصخور القادرة على خزن المياه أى الخزانات الأرضية والتى تعتبر مصدرا متناقصا من مصادر المياه الباطنية التى يعتمد عليها كثير من الزراع والرعاة .

هذا ولقد عرفت الفترات المطيرة Pluvials بأنها ذبذبات مطيرة طويلة تمتد فوق رقعة شاسعة من سطح الأرض ، ومثلها مثل الفترات الجليدية تفصلها فترات غير مطيرة Inter-Pluvials أقل مطرا بدرجة يصعب معها أعتبار فترة البليستوسين فى العروض الدنيا فترة مطيرة متصلة . وقد أمكن ربط مثل هذا الفترات غير المطيرة بالفترات غير الجليدية ولم يكن مناخ الفترات غير المطيرة مختلفا أختلافا واضحا عن بعض المناخات المؤقتة (العارضة) فى نفس المناطق ، وفى بعض الحالات كان أكثر جفافا منه فى الوقت الحاضر . والمهم هو إيضاح أن المناطق الجافة لم تتلاش كلية أثناء الفترات المطيرة . وتشير الصورة الجغرافية القديمة فى شمال إفريقيا ومنطقة الشرق الأوسط إلى أن الصحراء الإفريقية كانت موجودة آنذاك كمنطقة جافة ، ولكن ليست بالامتداد الذى هى عليه فى الوقت الحاضر بل كانت محدودة المساحة وذات جزر مطيرة ممثلة فى المناطق الجبلية مثل تبستى والحجار وإنيدى . وكان يسود مناخ الاستبس الدافىء معظم الأجزاء الشمالية والجنوبية من الصحراء الافريقية ، أما منطقة الساحل Sahel والسودان والمناطق الساحلية فى شمال غرب إفريقيا وبرقة فكانت تتمتع بمناخ مطير . وكانت منطقة الربع الخالى من شبه الجزيرة العربية واضحة الجفاف كما هو الحال فى الوقت الحاضر ،

أما ظروف الإستبس المناخية فقد سادت معظم المنطقة الممتدة إلى الجنوب الغربى من وادى دجلة والفرات . وكانت تتمتع معظم فلسطين والأردن وسوريا والمناطق الجبلية فى اليمن بمناخ مطير ، كذلك كان الحال فى منطقة ظل المطر من هضبة الدكن فى شبه الجزيرة الهندية وكانت هناك أمطار مطيرة مشابهة تقع شمال بحر آرال فى المنطقة التى تتمثل فيها الظروف المناخية شبة الجافة فى الوقت الحاضر .

ولم تتفق العودة إلى حالة الجفاف إتفاقا تاما مع الاختفاء النهائى للجليد فى نهاية آخر فترة جليدية ، إذا إبتدأ الجفاف قبل نهاية فترة فيرم الجليدية بحوالى ٨٠٠٠ سنة على الأقل ، أى فى الفترة التى وصل فيها الإنسان إلى مرحلة العصر الحجرى الأعلى فى منطقة العالم القديم التى هجر فيها الإنسان الصحارى فيما عدا مناطق الواحات والأودية النهرية حتى أصبح نسق توزيع لمكان مشابها إلى حد ما نسق توزيعهم الحالى . ولم تكن هناك ومنذ العصر الحجرى القديم الأعلى ذبذبات مناخية بالصورة التى كانت عليها فى فترة البليستوسين . ومن ثم فإن الأدلة الجيومورفولوجية للتغيرات المناخية قد أصبحت أقل بكثير منها فى فترة البليستوسين . وبالرغم من هذا كانت هناك ذبذبات فى كميات المطر فى العصر الحديث أى فى فترات ما بعد الجليد . وقد أدت هذه التغيرات فى المطر إلى الظروف أو الخصائص البيولوجية للمناطق الجافة وذلك بإعطاء الفرص لكل من الإنسان والحيوان لكى يتوغل فى مناطق لم يكن بها من فرص العيش من قبل إلا القليل . ومن أهم تلك الفترات المطيرة التى تبعت الفترة الجافة لعصر البليستوسين المتأخر تلك التى تضم الثلاثة آلاف سنة التى شغلها العصر الحجرى الحديث والتى ابتدأت فى حوالى سنة ٥٠٠٠ ق م .

وتنتمى لهذه الفترة شبه المطيرة والتى تسمى بفترة المناخ الأطلسى Atlantic Climate ، النقوش التى وجدت على الصخور الصحراوية والتى تصور حياة مناخ أسفانا والحيوانات التى كان يرعاها رعاة العصر الحجرى الحديث المتنقلون . إذ أن حيوانات كالغزلان والأبقار الوحشية والنعام والخرتيت والفيل والزراف وأفراس النهر

(السيد قشطة) والجاموس لا تتطلب مرعى جيداً فحسب بل تحتاج أيضاً إلى كميات كافية من المياه السطحية . كما استدل على الظروف المناخية الأكثر رطوبة بواسطة التربة المدارية الحفرية الحمراء ، وكذلك من سجل الطبقات الإرسابية أى الاستراتجرافى ، وكذلك الآبار الارتوازية التى استخدمت فى الواحات الخارجية والداخلية غرب نهر النيل تاركة كومات من الصلصال على أرضية الواحات مشيرة إلى مواقع العيون القديمة . ولقد اكتشفت أدوات حجرية ترجع إلى العصر الحجرى الحديث فى تكوينات الطوفا الكلسية على جوانب الآبار السابقة . هناك بالاضافة إلى ذلك تمثيل تصويرى لنباتات تشبه نباتات السفانا على حوائط المعابد يرجع تاريخها للفترة التى تعرف باسم « الملكية القديمة » فى مصر ، ومن الملاحظات الهامة الدلالة أيضا أن الرسومات الصخرية فى العصر الحجرى الحديث تأتى من المناطق المرتفعة والأدلة الأخرى تأتى من الأشرطة المجاورة لنهر النيل ، أما بخصوص بحر الرمال العظيم فى الصحراء الليبية ، فليس هناك من الأدلة ما يشير إلى أن الظروف المناخية شبه المطيرة فى العصر الحجرى الحديث قد غيرت من سمات الجفاف الأساسية زيادة على ما أحدثته تلك الفترات المطيرة الأطول أثناء عصر البلستوسين . وتشير الأدلة من جنوب غرب آسيا ، والهند ونيفادا ووادى كاليفورنيا إلى حدوث فترة شبه مطيرة تلت فترة الجفاف القاسية فى أواخر البليستوسين وأوائل الهولوسين ويمكن أن تكون هذه الفترة معاصرة للفترة شبه المطيرة فى العصر الحجرى الحديث فى الصحراء الكبرى الإفريقية . وكان أنتشار الزراعة من مواطننا الأطلسية فى جنوب آسيا أمر أسهلا بسبب الظروف المناخية المطيرو أثناء الفترة الأطلسية فى العصر الحجرى الحديث ، ولكى لسوء الحظ فإن الظروف المناخية المطيرة التى اتصفت بها فترة شبه البوريال **Sub Boreal** التى تبعت الفترة الأطلسية قد تغيرت . أثناء فترة ما قبل البوريال وفترة لبوريال نفسها إلى ظروف مناخية جافة غير ملائمة للابقاء على الأزدهار البيولوجى أثناء الفترة الأطلسية .

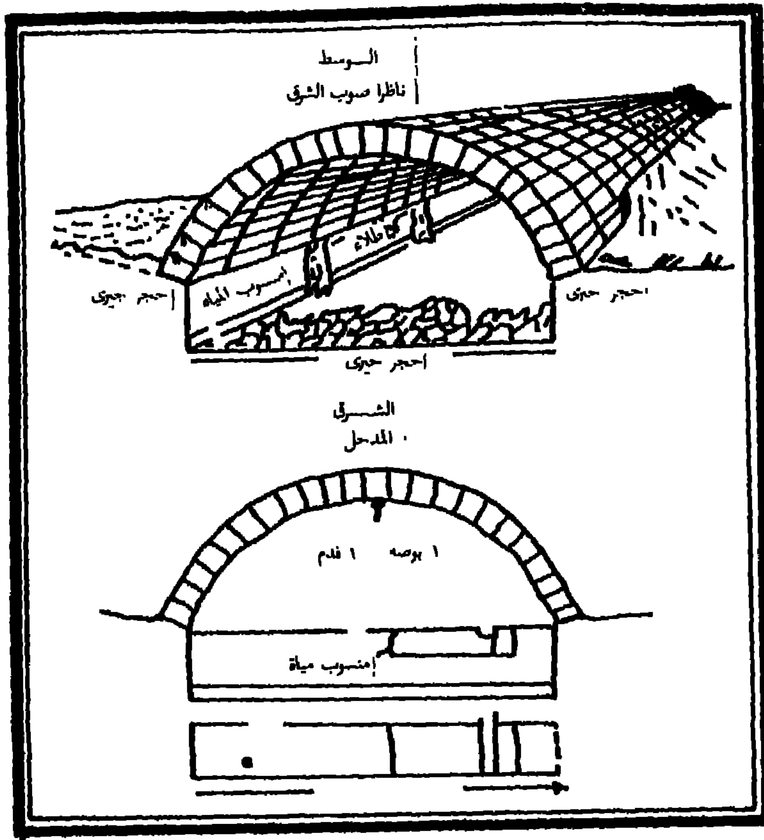
ومنذ بداية فترة شبه لبوريال (٢٥٠٠ سنة قبل الميلاد) ، هناك من الأدلة الأثرية ما يثبت صفة الجفاف فى النطاق الصحراوى من العالم القديم . فقد أختفت الرسوم من حوائط المعابد والمقابر والرسم على الصخور ، تلك الرسوم التى كانت تعكس حياة بيئة السفانا . فبدلا من صور الصيد ومطاردة الحيوان فى البيئة الرعوية المفتوحة كان ملوك مصر يقومون بالصيد الحيوانى فى مناطق مقفولة ، وغزت الكثبان الرملية وادى النيل من الصحراء الغربية وانخفضت مناسيب فيضان النيل مشيرة إلى قلة الأمطار على المناطق الجنوبية . ويبدو أن منسوب البحر الميت قد انخفض أيضاً بمقدار ثمانية أمتار (٢٥ قدماً) فى ذلك الوقت ، وبعيداً من هنا صوب الشرق يبدو أنه يمكن ربط جفاف هذه المنطقة ببعض هجرات البدو الرحل فى أرض ما بين النهرين (العراق) . كما تشير كل الدلائل الأثرية والجيولوجية إلى الجفاف فى عصر البرونز ، وانسحاب الحيوانات والتجمعات البشرية إلى أماكن المياه حيث الواحات والأودية النهرية مع وجود القيود القاسية على نمط الحياة بالنسبة الرعاة الرحل .

وكان هناك ، على الرغم من ذلك ، تذبذب مناخى فى حوالى ٨٥٠ ق .م . نحو ظروف أكثر مطراً ، إذا ما قورنت بتلك الظروف التى تسود المناطق الصحراوية فى الوقت الحاضر والألفى سنة الماضية أى أثناء الفترة شبه الأطلسية Sub-Atlantic التى تميزت بذبذبات مناخية مطيرة فى إطار مناخى جاف وقد تباينت الآراء بخصوص هذه الفترة الأخيرة وذلك لصعوبة ربط الأدلة ببعضها من قارة إلى أخرى وكذلك لوقوع هذه الفترة فى نطاق الفترة التاريخية وظهور حضارات عظيمة فى أجزاء العالم القديم . فهل هو الجفاف أم إنهيار الحكومات والنظم الاجتماعية الذى أدى إلى أضمحلال الامبرطورية الرومانية فى شمال إفريقيا وإندثار مدنها العظيمة على ساحل الشام ؟ وقد رجحت كتابات الزويرث هنتنجتون E. Huntington فكرة الجفاف إلا أن الأدلة الأثرية الحديثة والإرسابات لم تؤكدها ، إذ يوجد فى كل مكان داخل الامبراطورية الرومانية فى شمال إفريقيا الدليل الكافى على أن سكنى المنطقة قبل ذلك كان معتمداً على

مصادر المياه . فخزان المياه العظيم فى الصفصاف بالقرب من شحات Cyrene فى منطقة برقة بالجبل الأخضر فى ليبيا (شكل ٢) كان مستودعا لجمع مياه منطقة صغيرة من الحجر الجيرى ، وكان هذا الخزان مسقوفا بسقف قبانى من الحجر لحمايته من عمليات البخر الشديدة ، كما بنيت القناة الأرضية التى تأخذ المياه من الخزان إلى مدينة شحات بطريقة نقلل من المياه المفقودة إلى أدنى حد . وفى سوريا لم تبعد الجيارات الرومانية Limes عن نطاق الآبار الدائمة . وفى أى مكان من ساحل الشام (الليفان Levant توجد بقايا المدن الرومانية فى مناطق كانت مصادر المياه بها كافية بدرجة تجعلها فى المناطق مماثل للمناطق المطيرة فى الوقت الحاضر ، وهذه الخاصية قد طمست نتيجة إزالة الغطاء النباتى وتعرية التربة التى إنتابت المنطقة أثناء وبعد الاحتلال الرومانى . وقد وجد الفخار الذى ينتمى إلى أواخر الفترة الرومانية مدفونا فى مصر الوسطى بين إرسابات نهرية ورمال هوائية .

ويشير الدليل فى كل شمال إفريقيا ومصر وساحل الشام وجنوب غرب الجزيرة العربية إلى أضمحلال الحضارة بأنهيار الإمبراطورية الرومانية وتغير التوازن الجيومورفولوجى والبيولوجى . فحل الراعى محمل الزارع وصلت أعشاب رعى الأغنام والمزارع محل حقول القمح ، والحشائش أو الشجيرات شبه الجافة محل الأشجار ، فأدى هذا إلى علم الحماية الكافية ضد رخات المطر الشتوية مما غير معه لبيئة الطبيعية والمظاهر الحضارية لاستغلال الانسان للأرض . فلم يستفد الرعاة الرحل الذين توغلوا فى المناطق المنزرعة من المصاطب النهرية ولا من نظم الرى ولا من تربة حقول القمح الخصبة كما لم يستفد عرب برقة من هذه الميزات البيئية فى سهل المرج الخصب .

أما فى أمريكا الشمالية ، فهناك فجوات أكبر فى قصة التغير المناخى ، إلا أن هذه القصة ليست معقدة كما هو الحال فى أجزاء العالم القديم الذى عرف بقيام الحضارات القديمة ، إذ لم تكن هناك تعقيدات حضارية قبل وصول الاسبان . ولقد أمكن بإستخدام دليل الارتفاع والانخفاض فى مستوى (منسوب) البحيرات ، ونحت وردم



قيعان الأحواض الصحراوية ، وتكون القشور الصخرية وكذلك تتابع الطبقات (الشرائح) الارسابية الرقيقة ، أمكن تصحيح سجلات التاريخ التطورى للمنطقة . وقد أوضحت دراسة حلقات النمو للأشجار أنها تمثل أساساً طول فصل النمو أكثر من أنها توضح كمية الأمطار التى سقطت ، خاصة إذا ما أعتمدت هذه الدراسة عن حلقات النمو لأشجار Sequoia الضخمة . وتدل البحيرات القديمة فى منطقة كارسون سنك Carson Sink على نهاية الأمطار الغزيرة فى الجزء الأخير من الألف سنة الأخيرة قبل الميلاد ، ولكن هذه الفترة المطيرة قد سبقتها وأتبعتها فترات جفاف عندما توقفت عمليات ردم قيعان المنخفضات الصحراوية ونشطت عمليات نحتها .

ولقد كانت قصة التغيرات المناخية الحديثة خلال المائة سنة الماضية أسهل لسببين : زيادة الأهتمام بالعلوم الأرضية فى غضون القرن التاسع عشر ثم توافقها مع أمتداد الحضارة العلمية إلى المناطق الجافة من العالم وبصورة واضحة فى كل من الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتى وكذلك فى كل من أفريقيا والشرق الأوسط واستراليا . فقد كانت هناك أهتمامات بالمشاهدات المناخية المستمرة والتى زودت بعمل المقاييس النهرية . ولقد جعل أنتشار نظم الرى كما هو الحال فى الهند وفى مصر وفى جنوب غرب الولايات المتحدة من الضرورى التزود ليس بالمعرفة الخاصة بالتوازن المؤقت للمياه فحسب ولكن بتلك المتصله بالتغيرات فى كمياتها وكذلك باحتمالات زيادتها أو نقصها . وعليه أصبحت هناك حصيلة متزايدة من المعلومات التفصيلية التى تشير إلى أن هناك تناقصا فى كميات الأمطار فى العروض الدنيا ، فى حين أن هناك زيادة فى الدفء فى العروض العليا إنعكست على تراجع الأنهار الجليدية وكان هذا حتى ١٩٤٠ وخلال الأربعينات ، كما أنعكست أيضا على الحياة النباتية والحيوانية . وكانت آثار هذه الحقيقة واضحة فى كل من العالم القديم والجديد . ففى أمريكا الشمالية أرتبط هذا التناقص فى المطر بالظروف المعروفة باسم Dust Bowl فى الثلاثينات الأولى من القرن العشرين ، وفى إفريقيا أرتبط بأمتداد النطاق الصحراوى جنوبا إلى السودان ، وفى الاتحاد السوفيتى أرتبط بالانخفاض فى منسوب مياه بحر قزوين منذ أقصى منسوب سجل فى عام ١٨٨٢ . كما يمكن أن يكون للاخفاق الجزئى الذى أصاب مخطط الأرض الروسية العذراء ، بعض الصلات بمثل هذه التغيرات المناخية أو ربما يكون نتيجة تغيرات مناخية قصيرة . وقد سجلت أنخفاضات فى مناسيب البحيرات فى شرق إفريقيا وكذلك فى بحيرة تيتيكاكا Titicaca فى أمريكا الجنوبية . وتدل تحليلات الأرصاد المناخية طويلة المدى من جنوب إفريقيا ، على إتجاه فى قلة كمية التساقط أثناء القرن الحالى ؛ وتتفق هذه الأرصاد مع أرصاد محطات وسط استراليا كأرصاد تلك المحطة الموجودة فى مدينة أليس سبر نجز Alice Springs ويمكن القول أن الانخفاض فى كمية

التساقط قد حدث فى كل الحالات منذ نهاية القرن التاسع عشر ، ولكنه ضرورى أن نذكر أن آثار هذا الانخفاض لم تكن متناسقة فى كل قارة وأنه فى بعض الأماكن كانت هناك زيادة فى كمية الأمطار كما هو الحال على الهوامش الاستوائية (المدارية) للصحارى المدارية ، (وقد يكون الارتفاع فى منسوب بحيرة تشاد فى ١٩٥٠ – فى الخمسينات من هذا القرن – دليلا على ذلك) . ولمثل هذه الاختلافات الإقليمية أهميتها من حيث العمل على التوصل إلى فهم الشذوذ فى الأدلة المناخية والتى أمكن التوصل إليها استنتاجا من بيانات غير مناخية تلك التى كانت جل ما يمكن الحصول عليه للفترات التاريخية القديمة وفترة ما قبل التاريخ . وتساعد معرفة الذبذبات المناخية بالاضافة إلى ذلك فى التوصل إلى تخطيط علمى أفضل فى استغلال النطاق الجاف . كما أن معرفة الاتجاه العام للظروف المناخية تساعد على تجنب الأخطاء المكلفة التى حدثت فى الماضى وفى الحكم على الاستغلال الأقتصادى للأراضى شبه الجافة التى انتشرت فيها مشاريع استصلاح الأراضى وتطورها بصورة واضحة . وعادة ما تكون مثل هذه المشاريع شديدة الحساسية للذبذبات المناخية بحيث تجعل أيه زيادة فى حدوث الجفاف هذه المشاريع عرضة للفشل . وإنه لمن الطريف أن نتأمل مستقبل استغلال الأراضى الجافة إذا ما عادت أحوال المناخ على سطح الأرض لوضعها العادى من الدفء والجفاف والذى ساد تسعة أعشار عمر كوكب الأرض الذى يقدر بحوالى ستة آلاف مليون سنة .

الفصـــل الثالث

مورفولوجية الأراضى الصحراوية

خصائص الظاهرات الجيومورفونوجية الصحراوية وتطورها

تفكك الصخر وتحلله (التجوية) والنحت فى الأراضى الصحراوية

أشكال الأرسارب .

قربات الأراضى الجافة .

موفولوجية المناطق الصحراوية

يترك الجفاف بصمة واضحة على سطح الأرض . فالجبال والهضاب تبدوا شامخة فى عزلتها ، والمنحدرات إينما تكون تتصف بالشدة ، وتميل التضاريس إلى الحدة وإن كانت هناك بعض الظاهرات التضاريسية الملساء أو الانسيابية ، وهناك الدليل على شدة وضوح عملية الإرساب وعدم وجود التربة الحقيقة . وتتصف عمليات التعرية بالقطع وعدم الاستمرار وغالبا ما تتصل مباشرة كما هو الحال فى الفيضانات الغطائية Sheet Floods والسيول الطينية Mud Flows برخات المطر الشديدة المتباعدة وغير المنتظمة الحدوث . إلا أن هذه الانطباعات الحقيقية فى المناطق الجافة غالبا ما تخفيها تضخمات غير واقعية مثلما حدث عندما حاولت هوليود عرض وإبراز كثيب رملى فى مناسبات عديدة بالقرب من Stovepipe فى وادى الموت لتعطى انطباعة لانتشار الرمال فى الأراضى الصحراوية ، فى الوقت الذى لا تغطى الرمال والحقول الرملية من الأراضى الصحراوية سوى أقل من ٢٠ ٪ من مساحتها . وحتى عند إدراك حقيقة البيئة الصحراوية فإن شرح رفهم خصائصها يصبح من الأمور الصعبة فى ظل التطبيق الحرفى لمبدأ جيمس هاطون الذى يقول « أن الحاضر مفتاح الماضى » وإنه لمن الواضح أن المناطق الجافة ينبغى ، على ضوء الأدلة التى تثبت التغير المناخى ، تناولها ليس فى ظل الظروف المتصلة بالتغير (التطور) الأصولى للمظهر الجيومورفولوجى فحسب ، بل من حيث علاقتها بتلك الظروف التى سادت خلال الأزمنة الجيولوجية السابقة أيضاً .

ويقوم الجفاف الحقيقى « بتحنيط » المظاهر التضاريسية بإبطاء سرعة التغير وذلك مثلما أبقى الهواء الجاف والرمال الجافة على الموميات المصرية والبيروفية فى المتاحف خلال القرن العشرين . وكما كانت هذه الموميات حية يوما ما ، تنمو وتتغير ، فإن المظهر التضاريسى فى المناطق الجافة كان متغيرا فى الماضى إلا من إستثناءات قليلة جدا . وتعكس مثل هذه الظاهرات التضاريسية نتائج الأمطار الأغزر ومعدلات البخر

المنخفضة أثناء الفترات المطيرة ، وذلك بكثرة الأشكال التضاريسية الناتجة عن عمليات النحت والإرساب بفعل المياه الجارية والتحلل الكميائى وبفعل عمليات الصقيع فى بعض الحالات . معدلة تعديلا طفيفا برخات المطر الشديد المتباعد فى الوقت الحاضر ، تسود المظهر التضاريسى صور جيرمورفولوجية ناتجة عن فعل المياه وبقايا عمليات تفكك الصخر وتحلله تشبه تلك الناتجة عن ظروف السفانا المناخية والتى يعتقد أنها نتاج فعل الرياح . وهناك ، كما هو الحال فى المناطق ذات الصفات الجيومورفولوجية الأصولية المتطورة الأخرى ، تبادل رأسى فى كل من الظاهرات الجيومورفولوجية والتربة الناتجة عن الدماج النظم البيولوجية والمناخية فى النحت والإرساب . ويتضح هذا عندما ترى الكثبان الرملة . هى تغير على وادى نهرى بلستوسيى متعمقاً فى سطح هضبة يغطى سطحها فتات صخرى ناتج عن تفكك وتحلل القشرة الصخرية وهنا نجد أن مخلفات الفتات الصخرى التى تنتمى إلى الفترات البليستوسينية المطيرة أو إلى ظروف مناخ السفانا فى الزمن الجيولوجى الثالث قد حفظت بواسطة الجفاف فى العصر الحديث . وإنه لمن سوء الحظ أن العوامل أو الظروف التى تقوم بالحفاظ على الظاهرات الجيومورفولوجية فى الوقت الحاضر ، قد اعتقد حتى وقت قريب أنها كانت العامل النشط فى تطوير المظهر التضاريسى فى الماضى . ولا ينبغى أن تكون صفة الجفاف بنفس القوة فى كل أجزاء المناطق الجافة . ففى المناطق الشديدة الجفاف ــ باستخدام تعريف Meig ــ تبقى التضاريس والتربة محفوظة ، أما المناطق شبه الجافة على الهوامش الصحراوية الشديدة الجفاف ، وحيث يكون الغطاء النباتى أفقر مما هو عليه فى مناطق الاستبس العشبية ، غالبا ما تكون العوامل الجيومورفولوجية قوية عنيفة وبخاصة عندما تحفر المياه الجارية الفجائية لها مجار عميقة على هيئة أخاديد نهرية Gullies أو تنتشر على سطح الأرض فى صورة فيضانات غطائية .

وإنه ليبدو مغريا من وجهة النظر الجغرافية فى تقدير أهمية الأراضى الجافة أن يكون

الاهتمام خاص بتلك الظاهرات التضاريسية ذات الإمكانية والأهمية الاقتصادية أكثر من تلك الظاهرات التى يرى أنها أقل وضوحا أو حتى أقل إمكانية من حيث الاستغلال الاقتصادى للمناطق الجافة . وسوف تعطى هذه النظرة ، على الرغم من ذلك ، أنطباعا مضللا للتباينات الموجودة فى المناطق الجافة وبخاصة إذا اختيرت العناصر التضاريسية التى تستخدم فى المناطق المطيرة . فعادة ما تهمل الإرسابات الرملية من قبل الزراع فى الشمال أوربا ، إلا أن مثيلاتها فى المناطق الجافة المعروفة باسم « Ergs » (العروق الصحراوية) يمكن أن كون واضحة الأهمية من حيث أثرها على الحياة فى المناطق الجافة . ففى المناطق ذات البخر الشديد والأمطار الشحيحة مع تباينات فصلية وسنوية كبيرة ، يمكن أن تساعد الإرسابات السطحية الرملية التى تسمح بالتسرب السهل والسريع للمياه فى نمو النباتات مؤدية إلى وجود مناطق عشبية لرعى الأغنام والماشية . كما يمكن أن تساعد المناطق الصخرية السطح والتى تسمى « بالحمادة » فى صحراء شمال إفريقيا على إيجاد الطرق للعربات والحيوانات أو على إنشاء قواعد لاقلاع وهبوط الطائرات . فى حين تجذب المناطق الصخرية المرتفعة كما هو الحال فى هضبة الحجار ، السواح وهواة تسلق الجبال بأعداد متزايدة فى الوقت الحاضر . وحتى الأودية الجافة فلها أهميتها عندما يبحث عن رواسبها عن بعض المعادن ، أو ربما تكون أكثر أهمية عندما نعرف أن إرسابات القاع النهرى تحتفظ بالرطوبة وجريان المياه الأرضية . وفى الحقيقة ، وإذا ما أراد المرء . أن ينتقى البيئات ذات الأهمية الخاصة فى المناطق الجافة فإن إنتباهه يتركز على تلك الأجزاء التى لها بحكم تطورها المقدرة على الاحتفاظ بأعظم مورد طبيعى من حيث أهميته فى المناطق الصحراوية ألا وهو المياه . وأينما يكون المطر السنوى أو الذى يحدث على فترات ممكنا ، كما يحدث للسهول الفيضية للأنهار التى تنبع خارج النطاق الصحراوى أو فى الأحواض الصحراوية الممتلئة برواسب المنحدرات ، تكون الظروف عندئذ مواتية للأستغلال الأراضى . وعليه فإن المناطق الصحراوية التى تتميز بالإرساب ينبغى أن تنال إهتماما خاصا .

وتتوافق عمليات النحت والإرساب فى المناطق الصحراوية مع النسق البيولوجى والمناخى الذى تحدده كل ظروف البيئة الحضارية والطبيعية ، ويتباين هذا النسق عندما تتغير البيئة من حيث الوقت (الزمن) والمكان . غير أن هذا الدور البيئى لا ينفى الدور الأساسى للحركات التكتونية وكذلك نو ع الصخر . فالصحارى الرئيسية وبخاصة تلك التى تقع فى نطاق العروض الدنيا غالبا ما تكون على هيئة سهول عظيمة الامتداد متفقة ومناطق الثبات النسبى من القشرة الأرضية والتى تكون أساسا عرضة لحركات الرفع المضبية (الرأسية Epierogenic) . وغالبا ما تحد مثل هذه المناطق السهلية نطاقا من التضاريس والواضحة التى إما أن تكون نتيجة الصدو ع كالحافات الانكسارية أو نتيجة الحركات التكتونية الالتوائية Orogenesis على هيئة سلاسل جبلية أو كتل تلالية منقطعة . ويمكن أن توجد تلال منعزلة أو سلاسل جبلية وسط المناطق السهلية الصحراوية والتى تكون ، كما هو الحال بالنسبة للمناطق الجبلية الهامشية ، مصدر المياه بالنسبة للأنهار ، كما تكون مصدر مياه حيوى حيث كونها كجزر رطوبة تختلف درجة رطوبتها بأختلاف الظروف المناخية أثناء الفترة الجيولوجية . وتقوم التلال البركانية فى المناطق الصحراوية بنفس الوظيفة التى تقوم بها الهضاب الانكسارية أو المناطق الجبلية الناتجة عن الحركات الإلتوائية . ويختلف المناخ المحلى الأية كتلة تلالية مهما كان إمتدادها عن مناخ الأراضى المنخفضة المحيطة بها . ويمكن لهذه الكتلة التلالية إذا كانت أكثر أرتفاعا وإمتدادا أن تكون منطقة إقليمية من المناخ المطير كما هو الحال فى الهضبة الحبشية المطيرة ، تلك الهضبة التى قطعت أتصال النطاقات الصحراوية المتاخمة فى إفريقيا وشبه الجزيرة العربية . أما إذا هبطت المنطقة أو التوت تقعريا أو أصابتها الأنكسارات الأخدودية فيبدوا أن مناخها يزداد جفافا كما هو الحال فى بطون الأودية الأخدودية فى شرق القارة الإفريقية .

وعليه فإن الحركات التكتونية يمكن أن تخلق ظروفا مناخية رطبة وغير عادية فى المناطق الجافة كما تؤدى إلى تعقيد محاولة تكوين صورة عن الأحداث المناخية فى

الماضى . وهذا حقيقى بصفة خاصة فى فترة البلستوسين عندما تعرضت مناطق عديدة لعملية الرفع الإقليمى مؤدية إلى تقيب محلى أدى إلى عملية تجديد فى التضاريس الطفيفة للأراضى السهلية التى نشأت فى ظل ظروف مختلفة من حيث درجة الحرارة والأمطار أثناء الزمن الجيولوجى الثالث وأوائل الزمن الجيولوجى الرابع . فلا بد أن الزيادة فى الارتفاع التابعة لحركة الرفع قد سببت زيادة فى الأمطار ترتبت عليها نتائج جيومورفولوجية وحيوية هامة . فيحتمل أن تكون المناطق الجافة فى أمريكا الشمالية وآسيا وإفريقيا بصفة خاصة قد أصابتها تلك التعقيدات التكتونية فى نفس الوقت الذى حدثت فيه تغيرات فى الدورة الجوية أثناء الزمن الجيولوجى الرابع .

كما هو الحال فى المناطق المطيرة ، يلعب نوع الصخر دورا هاما فى تحديد الخصائص الجيومورفولوجية لسطح الأرض فى المناطق الجافة . فحسب طبيعة الصخر ودرجة تأثرة بعمليات التجوية الصحراوية تكون التباينات (الاختلافات) فى المنحدرات وفى نوع الإرسابات السطحية . وهذه بدورها تؤثر على المناخ المحلى والميكروسكوبى (التفصيلى) ، ومن ثم يمتد هذا التأثير إلى الخصائص الإيكولوجية للمنطقة وكيفية استخدامها من قبل الزراع المتنقلين والرعاة الرحل . وأبعد من هذا فإن الغطاء السطحى من الفتات الصخرى قد يتأبن فى خصائصه الميكانيكية والكيميائية على الرغم من عدم تغير نوع الصخر ، وذلك بسبب الظروف المناخية التى سادت أثناء تكون هذا الفتات . إنه لمن المحتمل أن يكون هذا الغطاء السطحى من الفتات الصخرى قد تكون أثناء ظروف فصلية مطيرة من مناخ السفانا عندما تتضافر الحرارة والأمطار لتؤكد أهمية الوسط المؤثر على عمليات التجوية الكيميائية أى التحلل الكيميائى للصخر .

وإلى الشمال من النطاق الصحراوى للعروض الدنيا فى قارة أمريكا الشمالية وفى أوراسيا ، تكون استجابة نفس النوع من صخر لعمليات التجوية مختلفة عنها فى ظل ظروف السفانا المناخية وفى الصحارى المعتدلة وأراضى الاستبس حيث يكون المناخ

باردا وحيث يتكون الصقيع فى فصل الشتاء الأمر الذى يمنع من نمو شجر النخيل ، يكون لديه دوره الواضح فى معدل تفكيك الصخر وتحليله . وإذا ما قورنت هذه المناطق بالصحارى الحارة ، يكون التعديل فى الصخر فى الصحارى المعتدلة أسرع بكثير منه فى الصحارى الحارة بسبب تأثير صقيع الشتاء البارد الذى لا يقتصر على عمل الرطوبة الكيميائى أثناء ذوبان الصقيع بل يمتد إلى أثره الميكانيكى نتيجة تكون بللورات الجليد خلال الشقوق الصخرية فيؤدى وذلك إلى تفلق Shattering الكتلة الصخرية . وفى أعظم المناطق الصحراوية المعتدلة تطرفا ، كما هو الحال فى منغوليا ، يشبه الفتات الصخرى وما ينتج عنه من صور جيومورفولوجية الظاهرات الجيومورفولوجيه شبه القطبية والتى تكونت فى ظل ظروف مناخية شبه جليدية . ونتيجة لأثر الصقيع ، فإن معدل تفكك الصخر وتحلله فى المناطق الصحراوية المرتفعة فى النطاق الصحراوى الحار يكون أكبر منه فى المناطق المنخفضة عند أقدام (حضيض) المرتفعات ، وذلك على الرغم من أن أثر التجوية لا يكون بالطول ولا بالعظم الذى يكون عليه فى الصحارى المعتدلة ومناطق الاستبس أو العروض العليا .

ويتباين تطور الصور الجيومورفولوجية فى النطاق الصحراوى الجاف فى الوقت الحاضر ، من ثم ، تبعاً للارتفاع من ناحية وللواقع بالنسبة للدوائر العرضية من ناحية أخرى . كما يتباين ولو بصورة يصعب تبينها ، تبعا لدرجة تركيز وتكرارية رخات المطر . فرخات المطر المهمة جيومورفولوجيا وإيكولوجيا هى تلك الرخات التى تزيد كمية مياهها على مقدرة نفاذية الأرض التى تسقط عليها . ومن ثم تؤدى إلى جريان سطحى نادرا ما يكون عنده الوقت لتكوين مسالك محددة ، وعليه فإنه يقوم بأداء مهمته كعامل تعرية بصورة واضحة . أما رخات المطر الأغزر ، فإنها تكون أقدر من حيث مقدرتها على النحت والحمل ؛ وكلما كثرت مرات حدوثها كلما كان أثرها واضحاً فى عمليات تفكك الصخر وتحلله فى ظل ظروف من التبادل بين الجفاف الرطوبة ، فتزال المواد الصخرية المفككة والمتحللة بسرعة لينكشف سطح صخرى جديد يتعرض

لعمليات التجوية . ولم تدرس ، لسوء الحظ ، مثل هذه الرخات الغزيرة بانتظام ولم تعمل لها خرائط إلا فى مناطق قليلة ، الأمر الذى يصعب معه معرفة الاختلافات الإقليمية والمحلية التى تفيد الدراسة الجيومورفولوجية . ومعروف بالطبع أن مثل هذه الرخات تكون كثيرة الحدوث على هوامش المناطق الجافة أكثر منها فى قلب النطاق الصحراوى نفسه . وأنها قد حدثت بكثرة فى الماضى منها فى الوقت الحاضر .

لقد كان عاديا منذ سنوات قليلة ، أن تشتمل مقدمة كهذه على جزء متصل بفعل الرياح ولكن البحث الجيومورفولوجية الحديث قد أوضح على الرغم من ذلك ، أن الظاهرات الجيومورفولوجية الراهنة فى المناطق الصحراوية هى نتائج فعل المياه الجارية كما كان الحال أثناء الفترات الأكثر مطراً فى الماضى ، وأن دور الرياح فيها بسيط وأقل أهمية بالنسبة للدور الذى تقوم به المياه . ويكون فعل الرياح واضحا ومؤثراً عندما تعمل فى إرسابات بحيرية قديمة يمكن أن تنحت فيها أو تذروها أو تعيد توزيعها طالما كانت حبات هذه الإرسابات دقيقة وغير متجانسة . ويكون مستوى الماء الأرضى فى الفتات الصخرى الدقيق هو المنسوب المحد لعملية السفى ، كما يكون الغبار الناعم دائما تحت طائلة الرياح . ويغلف هذا الغبار المدن الساحلية فى إقليم برقة عندما تهب الرياح قوية من الجنوب حاملة إياه من مناطق بعيدة فى شمال أفريقيا . ويثار هذا الغبار بالتيارات الهوائية الانقلابية فى صورة التورنادو المصغر أو ما يسمى « بالأعمدة الترابية The dust devils » فى المناطق الصحراوية ومناطق الاستبس فى جميع أنحاء العالم . وعلى الرغم من ذلك ، فإن مساحة تجمع الرمال تعتبر صغيرة بالنسبة للمساحة الكلية للأراضى الصحراوية . فلقد سارت فرقة المشاة الأجنبية الفرنسية فوق أرض صخرية وفوق قيعان أودية جافة أكثر مما سارت فوق حقول الكثبان الرملية التى تشغل أقل من ٢٠ ٪ من الأراضى الصحراوية الجافة . ولكنها اكتسبت سيادتها كظاهرة صحراوية واضحة نتيجة قربها من الدروب الصحراوية المفتوحة والتى بواسطتها اخترقت القوافل صحراء شمال أفريقيا .

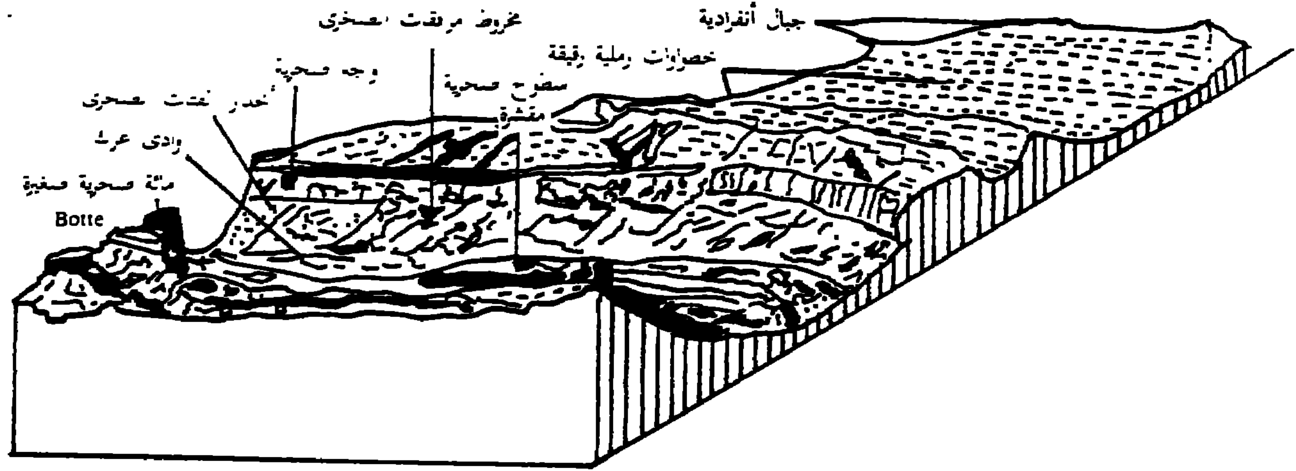
خصائص الظاهرات الجيومورفولوجية الصحراوية وتطورها :

ينبهر المرتحل فى صحارى كل من شمال أفريقية وشبه الجزيرة العربية واستراليا ، والمتعود على الظاهرات الجيومورفولوجية فى المناطق المطيرة بالسهول الممتدة والمترامية إلى الأفق أو التى تسدل عليها المناطق الجبلية البعيدة ستارة من الانحدار الشديد . وحتى فى المناطق الصحراوية التى تأثرت بأعنف الاضطرابات التكتونية كتلك الصحارى فى الجنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية أو صحارى آسيا الوسطى ، تسودها الصورة التضاريسية السهلية التى يحيطها سياج جبلى بانحدارات شديدة وكأنها ستارة هائلة مسدله على هوامش تلك السهول . ويمكن رؤية نظام الصخر بوضوح فى المناطق الجافة وذلك لأن الصخور تكون عارية . بينما تكون الزوايا الواضحة من أهم خصائص أتصال أجزاء المنحدرات ، وتوضح هذه الصفة أختلافات الصخور من حيث تأثرها بعوامل التعرية كما تؤكد التناقضات فى نوعية الصخور . أما شبكة التصريف المائى فى المناطق الصحراوية تعتبر من النوع الداخلى Endereic (أنظر الفصل الأول صفحة ٣١) المنتهى فى منخفضات أو أحواض مغلقة . وغالبا ما يكون هذا التصريف النهرى غير منتظم ويختلف فى توزيعه حسب المظهر التضاريسى وحسب كمية المياه الساقطة حاليا وفى الماضى وعادة ما تكون الأحوان النهرية فى المناطق الصحراوية أصغر مهما فى المناطق شبه الجافة ، وذلك ما لم تتدخل التضاريس المرتفعة حيث يكون هناك نظام التصريف النبرى أكثر وضوحا وانتظاما كما هو الحال فى هضبة الحجر فى صحراء شمال أفريقيا . كما أن الأنهار فى المناطق الصحراوية غير دائمة الجريان شأنها فى ذلك شأن رخات المطر مصدر وجودها . وتعكس على سطح الأرض فى هيئة قنوات نهرية جافة تعرف باسم الأودية Wadi فى صحراء شمال أفريقيا وصحارى الشرق الأوسط وبأسم Arroyos فى الصحارى الأمريكية وباسم Nalas فى باكستان الغربية . وتقف على النقيض من ذلك الأنهار العابرة Allogenic Streams التى تستمد مياهها من المناطق مرتفعة وأكثر أمطاراً فى المناطق الصحراوية أو التى تقع منابعها خارج النطاق والصحراوى كلية . والسهل

الفيضى لهذه الأنهار الدائمة الجريان ، كما هو الحال فى نهر النيل ونهر الكلورادو ، هو الذى يقدم أحسن البيئات لسكنى الإنسان فى المناطق الجافة كما تدل على ذلك بوضوح خرائط توزيع كثافة السكان . وبالإضافة إلى هذه المنخفضات الخطية (الطولية) للأودية النهرية هناك أيضا منخفضات السهول التى ملأت الكثير منها الرواسب المائية أو رواسب البحيرات القديمة التى تقوم الرياح بحملها وإعادة إرسابها على هيئة حقول كثبانية فى المناطق الذاهبة إليها الرياح . وتغطى قيعان بعض هذه المنخفضات بطبقة لامعة من الأملاح والتى يبدو واللون الأخضر النباتات القادرة على تحمل الملوحة واضحا وسط اللون اللامع المنعكس من السطح الصخرى العارى والرمال وكذلك بللورات الأملاح .

ولقد أوضحت دراسة وفحص السهول التى تبدو مسطحة فى المناطق الصحراوية أنها عبارة عن سطوح ذات أنحدار كونتها عمليات النحت والإرساب . ويمكن تبين نمطين رئيسيين من هذه السطوح ، سطح النحت عند أقدام التلال والذى يعرف باسم البدمنت « Pediment » والسهل التحاتى الصحراوى « Pediplain » ويتدرج كلا السطحان إلى سطوح إرسابية . وترتبط التلال التى ترتفع بانحدار فجائى فوق هذه السطوح إرتباطا وراثيابها ، وتعرف هذه التلال باسم الجبال الانفرادية Inselbergs حيث ينمو السطح السفلى على حساب الأرض المرتفعة مثلما ينمو الرصيف البحرى المنحوت على حساب الحافة الساحلية يتراجع الحافات البحرية على حساب ظهيرها من يابس الأرض (شكل ٢) .

والبدمنت هى منحدر أقدام التلال وهذا المنحدر عبارة عن سطح منحوت بانحدار بسيط وممتد ، يمتد بعيداً عن الأرض المرتفعة التى تقف خلفة بانحدار قد يتباين من نصف درجة عند مقدمة إلى سبع درجات عند مؤخرته . وليس هناك أنحدار جانبى مواز لواجهة الأرض التلالية إلا إذا كان سطح البدمنت قد تأثر هو والواجهة التلالية بحركة رفع تحدبية . ويخترق هذا السطح السهلى المنحدر مجموعة من المسيلات المائية



شكل ٢ : خانق وادى عراك Wadi Arak على هوامش كتلة الحجار فى صحراء شمال إفريقيا . يوضح عناصر الظاهرات الجيومورفولوجية لمناطق الشديدة الجفاف . ويتضح فعل المياه للجارية فى كل من الخانق والمنحدرات العليا المقطعة (رسم هذا الشكل من صورة فوتوغرافية فى كتاب :

(Schiffers. H., Die Sahara, Franckh' verlagshandinng Stuttgart, 1950)

شبه المتوازية بعد الزخات القصيرة للمطر . ولا تعمق هذه المسيلات مجاريها فى جسم هذا المنحدر وعليه فلا يتكون فيه نظام الأودية وأراضى ما بين الأودية . أما إذا كان هناك بدمنت متقطعة فهذا يشير إلى تغير مناخى وتعتبر البدمنت بذلك ظاهرة جيومورفولوجية قديمة أى نشأت فى ظل ظروف مناخية مخالفة لظروف مناخية راهنة . وأحيانا ما يوجد غطاء رقيق من الارسابات المائية فوق السطح الصخرى . وقد يكون هذا الغطاء متصلا أو متقطعا ويمكن له أن يعول نباتات متفرقة التوزيع هامة للرعى ، إلا أن ظاهرة البدمنت تعتبر على الرغم من ذلك ظاهرة تحت قطعت فى صخر صلب . وتكون نقطة الوصل بين منحدر البدمنت والأرض المرتفعة زاوية منفرجة إما على هيئة إتصال حاد أو يكون هذا الاتصال عن طريق وصلة من أرض ذات أنحدار مقعر يتكون من فتات صخرى متجمع من المنحدارات الشديدة التى تعلوه ، وقد تصل هذه الوصلة فى انحدارها إلى ٢٠ درجة فى أغلب الحالات . وقد تغطى نقطة الاتصال بين الانحدارين على الرغم من ذلك بالمراوح الارسابية عند مصبات أودية المنخدرات « Gullies » ومصبات الأودية الكبرى التى تقطع فى منحدرات التلال المرتفعة . ويمكن لهذه المراوح أن تندمج ببعضها لتعطى غطاء يكاد يكون متصلا من المواد الحصوية يعرف باسم البجادا « Bajadas » . وفى الطرف المنخفض من البدمنت يتدرج سطحها الصخرى إلى سطح إرسابى حيث يختفى السطح الصخرى تحت إرسابات نهرية أو بحيرة فى قاع المنخفض .

ويأخذ سطح البدمنت فى النمو والامتداد على حساب الأرض المرتفعة يتراجع المنحدر . ولأسباب تركيبية ونوعية فى الصخر قد لا يكون تراجع المنحدر بصورة متناسقة وعليه فتكون مجموعة من الأقواس المتوغلة فى سطح المنحدر لتلال وإذ ما إتصل قوسان متقابلان على جانبى الأرض التلالية تكونت ظاهرة معابر البدمنت Pediment Cols أو Passes يمكن أن يؤدى إستمرار عملية تخفيض الكتل التلالية إلى أندماج شبه كامل لمنحدرات أقدام التلال (البدمنت) حتى يصبح المظهر التضاريسى عبارة

عن نسق أو مجموعة من الانحدرات البسيطة تعلوها تلال أنفرادية . ويتكون فى هذه المرحلة من التطور الجيومورفولوجى للمنطقة مظهر السهل التحاتى الصحراوى Pediplain الذى يتصف بمجموعة متلاحمة من البدمنت تعلوه تلال انفرادية متبقية Residual Inselbergs .

ولقد أصبح أمر المناطق السهليه والجبال الانفرادية فى الأراضى الجافة ، على الرغم من ذلك ، محيراً وذلك بسبب تدخل التغيرات المناخية . فهناك على الجانب الاستوائى من المناطق الجافة فى نطاق السفانا توجد أراضى سهليه فسيحة ليست بها انحدرات ملحوظة . ومثل هذه السهول « سهول السفانا » تغمرها فصليا مياه الفيضانات التى تسببها الأمطار الصيفية . وبالاضافة إلى ذلك لا تتضح خطوط تقسيم المياه كما قد يتغير أتجاه المجارى النهرية من عام لآخر معطية بذلك صورة للمسالك النهرية المضفره التى نادرا ما تنحت مجاريها فى سطح هذه السهول بصورة عميقة . وغالبا ما تحمل هذه السهول طبقة سميكة من الفتات الصخرى المتحلل إذ تنشط عملية التحلل الكيميائى أثناء الفصل الحار والمطير . وتتبعثر على سهول السفانا جبال أنفرادية يمكن أن يحيط بها سياج ضيق من منحدر البدمنت أو يمكن لهذه الجبال الانفرادية أن ترتفع مباشرة فوق الأرض المستوية ، وبهذا فإن هذه السهول تتشابه مع السهول النحاتية الصحراوية Pediplains .

والجبل الانفرادى Inselberg (يعتبر تعبير Bornhardt مرادفا) من الظاهرات التضاريسية التى توجد فى نطاق متسع من البيئة البيولوجية المناخية فى المنطقة المدارية الممتدة من النطاق الصحراوى حتى نطاق الغابات الاستوائية المطيرة . وتشتمل هذه الجبال الانفرادية على تلال شديدة التضرس ذات انحدارت شديدة ، ويمكن أن تتباين فى أحجامها وأبعادها من تل صغير الحجم إلى كتلة جبلية كبيرة . وقد تتباين التضاريس النسبية من أقدم قليلة لعدة مئات من الأقدام . أما من حيث الشكل فانه يختلف أختلافا كبيراً فبعض هذه الجبال قبابى وبعضها معلق الجانب Overhang

والبعض الآخر تكون قممه مسطحة أو مموجة ، كما توجد هناك تلال غير متماثله الانحدار على جوانبها . ويلعب نوع الصخر دوراً هاماً فى تحديد أشكالها أو حتى وجودها أو بقائها . ويتكون كثير من هذه التلال من نفس الصخور التى تتكون منها الأرض المستوية المحيطة ، إلا أن هناك تلالا تتكون من صخر أكثر صلابة فعاقت امتداد سهول السفانا أو سهل البدمنت على حسابها . وليس من السهل دائما التمييز بين هذين النمطين من التلال ، إذ أن الاختلافات فى مقاومه الصخر وبخاصة فى الصخور التى تبدو متجانسة قد تغيب على التحليل البترولوجى التفصيلى .

تفكك الصخر وتحلله (التجوية) والنحت فى الأراضى الصحراوية :

لقد بسطت عدة نظريات بهدف شرح أصول الظاهرات الجيومورفولوجية فى لأراضى الجافة . وتتضمن هذه النظريات بعض المعلومات عن عملية التفكك الصخرى تحلله وعملية النحت فى كل من المناطق الجافة وشبه الجافة والمناطق الهامشية مثل أثر ناخ البحر المتوسط ومناخ السفانا على نظم المظاهر الجيومورفولوجية ، تلك المناخات نى تكون جافة فى الفصل الحار وفى الفصل البارد على الترتيب . وكما هو الحال فى لمناطق المطيرة يكون دور التجوية ذا شقين - فهى عملية تؤدى إلى إضعاف الصخر لتسهيل عمليتى النحت والنقل ، كما تقوم بتصغير حجم الكتل الصخرية إلى فتات أدق معطية بذلك المادة الخام التى تشتق منها التربة بعد تغيرات كيميائية وبيولوجية وكثير من عمليات التجوية والنحت والنقل فى ظل هذه الظروف المناخية غير واضحة تمام الوضوح وذلك على الرغم من أنه كانت هناك بعض الشكوك البالغة المتعلقة بشرح هذه العمليات قديما ، الآراء القديمة التى قيلت فى شرح هذه العمليات .

فلقد كان مفهوماً أنه فى ظل المدى الحرارى الكبير فى الصحارى الجافة وفى ظل التباينات الحرارية الواضحة بين الشتاء والصيف فى الصحارى المعتدلة أن التفكك الميكانيكى للصخر قد استحوذ على قدر كبير من الإهتمام فى الكتابات القديمة . ففى نطاق تغلغل حرارة الشمس من القشرة الأرضية الذى يتأثر بالتقيدات فى المدى

الحرارى اليومى والسنوى (لنقل أنه حوالى ثلاثة أقدام أى حوالى مترا تحت سطح الأرض) كان تمدد وانكماش الصخر المكشوف الفقير فى وجود طبقة واقية من التربة والنبات الطبيعى . وكان لهذا أثره على تفكك أجزاء الصخر السطحية أى فصل الطبقات والشرائح الصخرية بعضها عن بعض ، كما كان مسئولا أيضا عن وجود الشقوق الرأسية فى الصخر وعن حدوث التفكك الاستدارى لمعادن الصخر . ويذكر المرتحل فى المناطق الصحراوية حدوث فرقعات شبيهة بفرقعات البنادق ناتجة عن تقشر سطح الصخر فى كل من الصحراء الأفريقيه وشبه الجزيرة العربية ولقد أوضحت التجارب المعملية الفنية ، على الرغم من ذلك ، التغيرات الحراريه وحدها غير مؤثره وأن الرطوبة لازمة للصخر ليتفلق بدلا من ملاءمة نفسه للضغوط الناتجة عن الاختلافات فى درجة الحرارة ووجود المياه أو الأملاح ، وكلاهما موجود فى المناطق الصحراوية على خلاف ما كان معتقدا من قبل ، لا يزيد فقط فى قوة التغيرات الحرارية ولكنه يعطى العناصر الأساسية لعملية التحلل الصخرى الكيميائية والتى تصبح عندئذ أكثر نشاطا فى معظم المناطق الصحراوية عما كان مفترضا من قبل

وباستثناء الهوامش شبه الصحراوية أو شبه الجافة ذات الفترات المطيرة الأكثر حدوثاً والأكثر تأثيراً ، هناك مصادر عديدة للمياه فى النطاق الصحراوى ، فرخات المطر التى تسقط من آن لآخر والمصحوبة بالحرارة المرتفعة تؤدى إلى فترة قصيرة ولكنها مؤثرة من البيئة التى تنشط فيها عملية التحلل الكيميائى ، تلك العملية التى يستمر تأثيرها لفترة أطول من فترة سقوط المطر نفسها . ويعتبر ندى الليل الذى تظهر آثاره فى صورة علامات على شكل عروق ورقة الشجرة **Vermiform Markings** على سطح قطع الحجر الجيرى مصدراً هاما من مصادر المياه فى عملية التجوية الصخرية والتى تساندها عملية تكون للصقيع فى العروض العليا وكذا المرتفعات الكبيرة . وبالإضافة إلى ذلك يمكن أن تجذب المياه الأرضية إذا كانت قريبة من سطح الأرض رأسياً بعملية الخاصة الشعرية ، أو يمكن أن تطرد بواسطة الضغط الصخرى نفسه . وعندما تصل هذه المياه إلى سطح

الأرض مشبعة بالمحاليل الحديدية والسيليكية تتبخر تاركة هذه المعادن إما على سطح الأرض أو فى الشقوق الصخرية|. ولقد وجدت بعض المعادن الطينية Clay Minerals مثل المونتموريلوتيت Montmorillonite فى الشقوق الصخرية فى هضبة الحجار فى الصحراء الكبرى الإفريقية وبالقرب من جده فى شبه الجزيرة العربية . إذ أن نصيب هذه المناطق يكون كبيراً من مياه الأمطار الساقطة أو من كميات الندى ، كما تعمل هذه المناطق المرتفعة على إمداد المنطقة بالرطوبة اللازمة لعملية التحلل الكيميائى . وتحتفظ الشقوق الظليلة بالرطوبة مدة أطول ، ولهذه الخاصية أعتباراتها من حيث نشاط عملية التجوية على الجانب الظليل من التماثيل المصرية . ومن الآثار الثانوية لعملية تبخر المحاليل المعدنية Exudation تكون ما يعرف باسم الطلاء الصحراوى Desert Varnish والذى يبدو أنه يقوم بدور الحاجز لفعل التجوية بسبب وجود الأملاح .

وعادة ما يكون أثر الأملاح فى المناطق الجافة بالغاً . ويتجمع مسحوق أملاح سلفات الصوديوم وكربونات الصوديوم الذى تحمله الرياح وترسبه فوق الصخور البللورية على طول الشقوق ، وعندما تتبلور هذه الأملاح وتكبر فى حجمها تولد ضغطا كبيراً على الصخر ، وتكون القوة الناتجة عن هذا كافية لتفكيك الصخر إلى معادنة المكونة له والتى يمكن أن تحركها ضربات نقط الأمطار . ويمكن لمعدن الفلسبار أن يتأثر بالتغيرات الكيميائية بفعل الأملاح . وعلى الرغم من أن الحجر الرملى أقل تأثرا من الصخور البللورية مثل الجرانيت إلا أنه ليس محصناً أو فى مأمن من مثل هذا التأثير . ويعتبر كل من الحجر الجيرى والكوارتزيت أعظم الصخور مقاومة لهذا التأثير المحلى ، الأمر الذى يجعلها تنعكس على سطح الأرض فى المناطق الجافة فى صورة تضاريس مرتفعة . وكذلك فإن عروق الكوارتز تظهر فى صورة تضاريسية واضحة على النقيض من الصخور التى تتداخل فيها هذه العروق . وتعتبر عملية التفكك الصخرى الحبيبى Granular Disintegration التى مهما اختلف على تفسيرها ، من صور التجوية الهامة والواضحة والتى تعتبر السبب فى تكون ما يعرف باسم « قرص عسل النحل »

Taffoni والتى تتضح فى الواجهات الصخرية فى المناطق الصحراوية . وبمجرد بداية هذه العملية وتكون تلك الفجوات فى واجهة الصخر فإن الظل الذى تسببه جوانب تلك الفجوات يزيد من عملية الاحتفاظ بالرطوبة وزيادة عملية التجوية .

وحيث تصبح الأمطار أكثر حدوثا صوب إقليم السفانا وفى داخله ، تصبح عملية التحلل الكيمائى أكثر تأثيراً . ففى هذه المناطق لا تكون الحرارة الشديدة والرطوبة المرتفعة هما السبب فى ذلك فحسب ، بل يصبح النبات الطبيعى أكثر كثافة ويؤدى إلى وجود كميات كبيرة من الأحماض العضوية التى تساعد على التحلل المعدنى ووجود المحاليل المعدنية فى مياه التربة . كما تساعد الحياة العضوية فى التربة على الاحتفاظ بالمياه أكثر من احتفاظ الفتات المعدنى بها ، ومن ثم تلعب دوراً حيوياً فى كل من عمليتى التفكك والتحلل الصخرى . ويمكن أن يصل سمك الطبقة المفككة والمتحللة فى المناطق المدارية المطيرة إلى قدر كبير والتى بسبب إستمرار التغيرات الميكانيكية والكيميائية تؤدى إلى التربة المدارية الحمراء . أما فى الأراضى السفانا تسير عملية تحطيم الصخر ميكانيكياً وكيميائياً بصورة أبطأ منها فى المناطق المدارية المطيرة وعليه يكون الغطاء الصخرى المفكك والمحلل أقل سمكا منه فى تلك المناطق ، ولكنه ربما يظل فى حدود عشرات الأقدام . وعادة ما تظهر مثل هذه التربات تركزات قوية من أكاسيد الحديد والألومنيوم وإزالة كاملة لمعدن السيليكا . وإذا ما أزيل الأكسيد يبقى البوكسيت ولكن عادة ما تحتوى المواد المفككه والمتحلله على أكاسيد الحديد . وتوجد القشور التى تتكون من أكاسيد الحديد والتى تعرف باسم Ferricretes فى جنوب الصحراء الأفريقية والصحراء الليبيه وكذلك فى استراليا ، وقد يصل سمكها إلى حوالى ثلاثين قدماً . وهى عبارة عن مواد صلبه ومقاومة ، وتكون إحدى القشور الصلبة والتى يمكن أن تغطى سطح الأرض فى المناطق الجافة .

وهناك قشور أخرى تكون مادة السيليكا عنصر اللحام فيها ، فهناك على سبيل المثال القشرة السيليكية Silcretes فى جنوب أفريقيا ، أو تكون المادة اللاحمة من الجير

Lime أو الجبس Gypsum فتتكون قشرة الكاليش Caliche فى المكسيك وجنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية ، كما توجد فى تونس ومناطق أخرى من شمال أفريقيا . أما القشور الكلسية فهى عادة ما تكون رقيقة لا تمتد فى عمقها إلى أبعد من ثلاثة أقدام . وغالبا ما تتكون هذه القشور فوق التكوينات المسامية والمنفذة للمياه مثل الحصى والرمال . ويمكن أن تؤدى إلى كثبان ساحلية من الحجر الرملى الكلسى كما هو الحال فى منطقة درنة بإقليم برقة الليبى . ويكون الجير مسحوقا أيضا فى القطاع السفلى من هذه القشور . أما بالقرب من السطح فإن القشرة تكون متماسكة ومتجانسة . وتتشابه القشور الجبسية فى نظامها مع القشور الكلسية ، ويمكن أن تغطيهما مواد مفككة سهلة الحركة . كما يوجدان فوق مظهر طبوعرافى متشابه يكون فى العادة مناطق إرسابية بسيطة الانحدار مثل المصاطب النهرية أو السهول الإرسابية النهرية . ويبدو أن هذه القشور تتكون عندما تتسرب المياه فى التربة أثناء فترات الأمطار المتقطعة وتتفاعل مع حبيبات التربة . عندما يتسرب المحلول . فإنه يعرض لعملية البخر وتترسب المواد المذابة من كربونات أو كبريتات الكالسيوم . وفى ظل الظروف المتعاقبة من الإذابة والإرساب تتكون طبقة سميكة من الكاليش تعرف باسم « القلنسوه الصخرية Cap Rock » فى السهول العليا فى ولاية تكساس الأمريكية . وعليه فإن القشور الصخرية تمتد على الجانب القطبى من النطاق الصحراوى لتكون ظاهرة بيئية هامة فى الأراضى الجافة . أما القشور الملحية فإنها هى الأخرى تغطى مساحات كبيرة إما فى الاحواض الداخلية الصحراوية كما هو الحال فى منخفض القطارة فى الصحراء الغربية المصرية وفى منطقة الشطوط فى كل من الجزائر وتونس ، وكذلك فى السبخات الليبية ، وفى المنخفضات الملحية فى صحراء كلهارى أو فى البلايا فى صحارى الولايات المتحدة الأمريكية أو فى كثير من أحواض آسيا الوسطى . ويمكن لهذه القشور الملحية أن تتكون نتيجة لسوء استخدام مياه الرى ومثل هذا النوع من القشور الملحية يمكن مناقشته بصورة حيوية من حيث تأثيرها على الاستغلال الزراعى فى المناطق الجافة .

وتدخل عملية تفكك الصخر وتحلله مع فعل المياه السطحية بدرجة كبيرة كشرح مقبول لتكون سهول السفانا والجبال الانفرادية التى يمكن رؤيتها حاليا فى المناطق الجافة وشبه الجافة كظاهرات جيومورفولوجية قديمة (أى لا تدين بوجودها للظروف المناخية الحالية فى هذه المناطق) Paleoforms وتختلف طبقات الفتات الصخرى السميكة فوق سهول السفانا فى سمكها حسب نوع الصخر الذى توجد فوقة بدرجة تجعل السطح تحت هذا الفتات غير منتظم . ففى أثناء الفصل المطير تجرى الأنهار فى قنوات مضفرة تنقصها المقدرة على تعميق مجاريها ، كذلك بسبب الانحدار البسيط وبسبب طبيعة حمولتها التى تتكون من ذرات ناعمة استخلصتها المياه من الفتات الصخرى . غير أن الأنهار تكون قادرة على عملية القطع الجانبى فى التربة السطحية الحمراء التى تكون ضعيفة المقاومة لعملية النحت والتى نادراً ما تحوى صخوراً صلبه . وعليه فإن الجبال الانفرادية فى مناطق سهول السفانا قد تمثل السطح غير المنتظم تحت الفتات الصخرى ، وأن هذه الجبال قد ظهرت كمظهر تضاريسى بإزالة تلك الطبقة من الفتات الصخرى فى ظل ظروف من عمليات التعرية السيلية Shest Wash والنحت الجانبى Lateral Corrasion وبمجرد ظهور هذه التلال الانفرادية يبقى عدم الانتظام هذا فى التضاريس ، كما ويزداد شدة وذلك لأن الانحدارات الشديدة لا تحتفظ بالرطوبة مثلما تحتفظ بها الأرض المنخفضة عند حضيضها ، وبالتالى تكون هذه المنحدرات أقل تأثراً بعملية التحلل الكيميائى . وتزداد فى نفس الوقت مساحة الأرض السهلية وذلك بأمتداد منحدرات البدمنت على حساب منحدرات مناطق الأرض المرتفعة . وعليه فإن منحدرات أقدام الجبال يبدو أنها ميكانيكية النشأة أى تتطور نتيجة التفكك الميكانيكى أكثر من العمليات الكيميائية . ومن ثم فإنها تمثل ظروف مناخية جافة . وفى ضوء التغيرات المناخية التى أصابت المناطق شبة الجافة لا يكون معقولا أن نفترض أن عملية التسوية فى ظل ظروف السفانا المناخية غير مسئولة عن وجود بعض المناطق السهلية الكبرى فى كل من استراليا وشمال أفريقيا على سبيل المثال ، حيث توجد بعض

النباتات المتحجرة من نوع نباتات السفانا فى الهضاب الشاسعة فى صحراء شمال أفريقيا .

وتشرف هضاب الحمادة بانحدارات شديدة على أودية عميقة تتصف فقط التقائها بسطح هذه الهضاب بزوايا حادة . ويمكن أن تكون حافة الهضبة مقطعة بأودية غير دائمة الجريان ، وتمتد هذه الأودية لمسافة قصيرة فى سطح هذه الهضاب التى لا يوجد من الأدلة على فعل الأنهار إلا النادر . وتنساب مياه الأمطار على سطح هذه الهضاب بغير تركيز فى قنوات محددة . ويكون الانحدار طفيفا فهو فى حمادة جوير Guir فى الصحراء الكبرى يكون ١ : ٥٠٠ ؛ حتى أن أشد رخات المطر لا تكون قادرة على تكوين مسالك نهرية محددة تستأثر عملية البخر والتسرب الأرضى بالقسط الأكبر مما يسقط على هذه الهضاب من أمطار . وإذا كان سطح هذه الهضاب أكثر انحداراً تكون المياه الجارية عندئذ أكثر تركيزاً وتحديداً ، وتأخذ عملية النحت فى جسم الأرض صورتها وتزداد بذلك كثافة نسيج الأودية . وفى الهوامش شبه الجافة ذات المطر الأغزر يكون السطح السهلى المستوى هو الصفة التضاريسية السائدة فى حالة عدم تركز المجارى المائية وما يتبعها من عملية التقطيع فى سطح الأرض .

ولقد أثار تكون منحدر البدمنت جانبا من المناقشات الحيوية المتصلة بالمظهر الجيومورفولوجى فى الأراضى الجافة ، فالقلة من الدارسين فى الوقت الحاضر هم الذين يلقون على الرياح مسئولية العمل الجيومورفولوجى فى المناطق الجافة ، غير أن الدور الأول لفعل كل من المياه الجارية وعمليات تفكك الصخر وتحلله هو بلا جدال الذى يحدد الطبيعة الحقيقية للعمليات الجيومورفولوجية الفعالة فى المناطق الصحراوية . وهناك نقطتان رئيسيتان يجب شرحهما هما : تراجع الحائط الخلفى لمنحدر البدمنت ، والأرض السهلية لمنحدر البدمنت نفسة . وتتضمن مشكلة تراجع هذه الحافات أو منحدرات الجبال الانفرادية بالضرورة فهما وتقديراً لنشأة المنحدر الشديد فى بادىء الأمر . ففى المنطقة الجافة فى جنوب غرب الولايات المتحدة تعطى الظاهرات التضاريسية الصدعية

ظروفاً مثالية لمثل هذه المنحدرات كما هو الحال فى الحافات الصدعية وحافات الالتواءات الرأسية الجانب Monoclines لهضاب الكلورادو . ويمكن لهذه الحافات الانكسارية أن تصل بأطوالها إلى نسب هائلة كما هو الحال على طول خط الانكسار المعروف باسم « جراندواش Grand Wash » الذى يمثل الحد بين هضبة الكلورادو ومنطقة السلاسل والأحواض Barin and Range فى الجنوب الغربى . وأقصى ما تصل إليه التضاريس النسبية فى هذه الحافة هو ١٢١٩ مترا (٤٠٠٠ قدما) . أما صدع هاركين Harricane الذى يمتد من مدينة سيدار Cedar City فى ولاية يوتا Utah لمسافة قد تصل إلى ٢٧٤ كيلو مترا (١٧٠ ميلا) إلى نهر الكلورادو فى الجنوب ، فإنه يعطى مظهرا تضارسيا واضحا وسائدا تمثله الحافة المعروفة باسم « Hucricane Ledge » تلك الحافة التى تتراو ح فى أرتفاعها ما بين ٣٠ ، ٤٢٧ مترا (١٠٠ إلى ١٤٠٠ قدما) أعلى من الأرض المنخفضة عند حضيضها . ولربما تكون صفة الالتواءات الرأسية للجانب أكثر أنواع البنية الجيولوجية تمثيلا لهذه الحافات من الصدو ع ، ويمكن لهذه النمط البنيوى أن يخلق أنحدارات شديدة تحيط بالهضاب ، كما يمكنه أن يؤدى إلى الأغوار التكتونية Graben والهضاب الاندفاعية Horsts . أما بقية المناطق الجافة التى تتمثل فيها الحافات المتراجعة وانحدارات البدمنت عند حضيض تلك الحافات ، فلا تتمثل فيها تلك المظاهر التضاريسية التكتونية . ولقد بلور لستر كنج L.King لمثل هذه المناطق ، دورات تحاتية متتابعة تنشأ نتيجة الحركات الاندفاعية الرأسية (الهضبية) Epeirogenic Uplifts فى القارات تتبعها عملية نحت رأسى فى الأنهار الرئيسية . وبتكرار عمليات التجديد المصحوبة بتراجع فى انحدارات الأودية سوف يؤدى إلى اتساع انحدارات البدمنت مكونة بذلك سهولا عريضة عند حضيض الأرض الأكثر أرتفاعا . غير أنه ليس محتملا أن يكون هذا هو الذى حدث فى منطقة كصحراء شمال أفريقيا ، التى يشك فى أن يكون قد شغلتها يوما ما أنهار كبرى ؛ ومن هنا فإن هذا الشرح الذى تقدم به كنج ليس قائما على أسس علميه قوية .

وتتناقص المنحدرات الشديدة فى المناطق الدائمة الجفاف أو فى المناطق ذات الجفاف الفصلى مع تلك المنحدرات البسيطة والهينة فى المناطق المطيرة . فتفتقر منحدرات المناطق الجافة الفتات الصخرى الذى يخفى تحته الصخر الصلب والذى يمكن بأحتفاظه للرطوبة أن يزيد من عملية التحلل الصخرى . وتكون المنحدرات الصخرية واضحة بجزئها العلوى الخالى تماما من الفتات الصخرى والنبات الطبيعى ، ويسمى هذا الجزء العلوى بالواجهة الصخرية أو الواجهة الحرة Free Facal التى تكون شبه قائمة . وتقوم عملية التفكك الصخرى وتحلله بانتزاع المواد الصخرية من هذه الواجهة الحرة ، كما تتباين هذه العملية باختلاف الأنواع الصخرية ، وعليه فإنها تميط اللثام عن العناصر الدقيقة فى التكوين الصخرى . وعادة ما يوجد تغير فجائى فى الانحدار أسفل هذه الواجهة الصخرية وتكون هناك زاوية واضحة بين منحدر الواجهة الصخرية ومنحدر الفتات الصخرى أسفله والذى تتجمع فوقه المواد التى أنتزعت من المنحدر الصخرى . وينتهى نطاق منحدر الفتات الصخرى سفلياً بتغير آخر فى الانحدار بزاوية تفصله عن السهل الصخرى عند حضيضه . ويتصف هذا المنحدر الفتاتى بمقدرته الفائقة على الاحتفاظ بالرطوبة التى تكون كافية لنشاط عملية التحلل الصخرى والتى أحيانا ما تكون كافية لنمو بعض النباتات الطبيعية . ويمكن التغير فى المناخ وفى نوع الصخر أن يؤدى إلى تعديلات فى تلك الصورة الأساسية . فعلى هوامش مناخ البحر المتوسط وهوامش مناخ السفانا ، تدخل الأمطار الفصلية الغزيرة عمليات كبيرة فى التحلل الصخرى فيؤدى ذلك التقليل من حجم الكتل الصخرية وحدتها . كما تحرك الأمطار هذه القطع الصخرية على المنحدرات لتكون بها وصلة مقعرة قصيرة بين منحدرات الفتات ومنحدر البدمنت (السهل الصخرى) . وفى الصحارى المعتدلة ذات الشتاء البارد الذى يؤدى إلى تكون الصقيع يمكن أن يكون لعملية التفلق نفس ما للأمطار على هوامش الصحارى الحارة من أثر حتى أن صحارى أمريكا الشمالية ووسط آسيا ينقصها فى العادة الالتقاء المفاجىء بين الحضيض السهلى (البدمنت) ومنحدر الفتات . ويمكن لنوع الصخر أن يؤثر على طبيعة التغير

فى الالتقاء بين منحدر الفتات ومنحدر البدمنت مثلما يحدث عندما تتفكك الصخور الرملية الضعيفة التماسك بسبب عمليات التجوية فى ظل الظروف المناخية الجافة ، حيث تؤدى إلى تكون نسبة كبيرة من المواد الناعمة . وتحت تأثير فعل الرياح وفعل الأمطار التى تبدو أكثر أهمية يزال الفتات الصخرى من فوق المنحدرات وبتكرار هذه العملية يتراجع المنحدر محتفظاً بشدته . غير أن المتخصصين يؤكدون أن المنحدرات فى المناطق الصحراوية فى إمريكا الشمالية وفى نطاق الصحراء الكبرى الأفريقية تحمل بصمات عمليات تفكك صخرى أشد من عمليات التفكك الصخرى التى تحدث فى الوقت الحاضر . وهنا نجد الحاجة ماسة إلى أخذ التغير المناخى كالعادة فى الإعتبار . وهذا له أهميته الخاصة فى حالة القباب ذات الصخور البللورية والتى توجد على هيئة جبال انفرادية فى صحراء شمال أفريقيا .

ولقد أعتبر فعل المياه فى الوقت الحاضر مسئولا عن إزالة الفتات الصخرى عند حضيض المنحدرات ، فأدى هذا إلى تسوية السطح الصخرى الذى ترك نتيجة تراجع المنحدرات ، كما يؤثر على إمتداد المنحدر الصخرى (البدمنت) . ولقد وضعت عدة نظريات لشرح الكنه الحقيقى لطبيعة عملية التسوية هذه ، فقد جبذ ماكجى Mc Ges ـ الذى يعتبر أول من تبين البدمنت كظاهرة جيومورفولوجية هامة ـ السيول الفيضية كأداة نحت رئيسية ، ولكنه لم يبذل أية محاولة لشرح الكيفية التى أدت إلى تراجع المنحدرات ، تلك العملية التى نتجت عنها الأرض المستوية والتى يمكن أن تكون مسرحاً لفعل السيول الفيضية . ولقد ناصر آخرون مثل Johnson التعرية الجانبية للأنهار كعامل فى تكون السطح الصخرى وتراجع المنحدرات غير أن شرحه لم يكن مقنعاً .

أشكال الأرساب .

يتصف ما يقرب من ثلث يابس الأرض حسب الحسابات التى قام بها دى مارتون da Martonne (أنظر صفحة ٣١) بأنه من المناطق ذات التصريف النهرى الداخلى

حيث تنتهى الأنهار فى أحواض مقفولة ومعزولة عن مستوى القاعدة العام الذى تمثله المحيطات . وينتهى العديد من الأنهار الكبرى إلى أحواض إرسابية ، يؤدى الإرساب فيها إلى أرتفاع مستوى القاعدة طالما تظل الظروف المناخية غير متغيرة . ولما كانت هناك مساحات شاسعة من الأراضى الجافة عبارة عن أحواض مليئة بالفتات الصخرى ، وعبارة عن أودية فإنه يبدو هاماً تفهم خصائص تلك الأحواض . ولا تقل عن هذه الأهمية خصائصها من حيث إختزان المياه فى ثنايا ذلك الفتات الصخرى . ولقد استخدمت هذه الخزانات المائية الأرضية لسنين طويلة فى النشاط الرعوى والزراعى فى المناطق الجافة ، فكانت بذلك مراكز أو مناطق تركز السكان . كما يمكن لمثل هذه الإرسابات البحيرية أو النهرية المكدسة فى بطون هذه الأحواض أن يعاد توزيعها بفعل الرياح وتعطى مظاهر إرسابية واضحة ، والتى وإن كانت لا تشغل من سطح الأراضى الجافة إلا نسبة ضئيلة ، لها أهميتها التى تفوق كثيراً امتدادها وأنتشارها .

وإنه لمن الواضح أن شبكة التصريف المائى المنظمة ما هى فى العادة إلا دليل على ظروف مناخية أكثر مطراً . إلا أنه على الرغم من ذلك تنساب مياه الأمطار الفجائية على طول المجارى المائية الصحراوية قبل أن تتسرب فى الفتات الصخرى أو أن تصيبها عملية التبخر . وفى الأحواض التى يحيطها سياج تضاريسى مرتفع تعترض الجبال الرياح الحاملة للمطر فتتصيد كمية من الأمطار كافية لامداد الأنهار بالمياه فيمكنها أن تتوغل نتيجة لذلك لمسافات متباينة فى تلك الأحواض الجافة . وفى كلا الحالتين تعتمد صفة القنوات النهرية ونظام التصريف النهرى على خصائص سقوط المطر فى مناطق متابع هذه الأنهار . وحتى فى المناطق التى تستمد مياهها من ذوبان الثلوج كما هو الحال فى نهرى أموداريا Amu Darya وسيرداريا Syr Daria فى آسيا الوسطى فإن كميات التصريف المائى تتباين فيها من سنة لأخرى . ومقدرة الأنهار الصحراوية على الحمل والنقل تكون كبيرة فى أوقات الفيضان ولكنها تنساب فى قنوات مضفرة خلال بقية السنة ، وكثيراً ما تقف عن الجريان كلية .

كما تتناقص مقدرة المياه النهرية على الحمل والنقل فى نطاق تغير المنحدر بين المنطقة التلالية والأرض المنخفضة المستوية ، الأمر الذى يؤدى بالضرورة إلى إرسابها لحمولتها ، فترسب المواد الخشنة أولا ، أما المواد الناعمة فإنها تمتد بعيداً عن حضيض التل . وعليه فإن المراوح الإرسابية فى المناطق الجافة لا تختلف من حيث مادتها عن تلك التى توجد فى المناطق الأكثر مطراً فحسب بل يكون حجمها أكثر وضوحا . فقد يمتد أنتشار المواد الإرسابية الناعمة مئات الأميال بعيداً عن حضيض التل كما هو الحال فى آسيا الوسطى . ويحتمل أن تكون مثل هذه المواد التى ارتحلت لمسافات طويلة لم تكن إلا نتيجة فيضانات لم تدم إلا لبضعة أيام أو بضعة أسابيع مثل تلك التى تحدث نتيجة ذوبان الثلوج والأنهار الجليدية فى فصلى الربيع والصيف . ولا تتصف بالانتظام فى جريانها إلا الأنهار التى تستمد مياهها جوفياً ، وذلك ما لم تقع منابعها خارج المنطقة الجافة . أما الأنهار العابرة Allogenic مثل نهر النيل ونهرى دجلة والفرات ونهر الكلورادو والتى تستمد مياهها من خارج الحدود الصحراوية فإنها تعتبر أنهاراً استثنائية مثلها فى ذلك مثل البيئات التى كونتها تلك الأنهار فى النطاق الصحراوى .

وكنتيجه لعملية البخر الشديدة وسرعة تسرب المياه أرضياً لا تكون هناك إلا المواد الناعمة التى يمكن أن تحمل إلى مسافات بعيدة من حمولة هذه الأنهار ، هذا بالإضافة إلى الحمولة المذابة ؛ كما قد يضيع بعض المواد الناعمة فى ثنايا المواد الخشنة التى توجد على قاع المجرى النهرى مغيرة بذلك المواد التى توجد فى قاع المجرى النهرى إلى رمال لوميه يمكن أن تكون مناسبة لعملية الزراعة الفصلية . وأحياناً ما يترك الحصى الكبير وتزال المواد الناعمة بفعل المياه السريعة الجريان وتتكون نتيجة لذلك مواد إرسابية غير متجانسة من الرمال الخشنة والحصى مكونة ما يعرف بالجزر الحصوية أو الشطوط Shoals يفصلها عن بعضها رواسب من مواد أكثر نعومة . وتجد العربات صعوبة فى عبور القطاعات ذات المواد الناعمة فى مثل هذه الأودية النهرية فى الأوقات التى ينخفض فيها منسوب المياه أو تجف .

ويمكن أن تتكون البحيرات التى تترسب فيها أدق الأرسابات فى أكثر المناطق انخفاضاً من الأحواض الصحراوية وفيها أيضاً تترسب الأملاح الذائبة . ومثل هذه البحيرات الحوضية التى تعرف بالبلايا Playas أو السبخات Sebkhas تعتبر شائعة بدرجة كبيرة فى المناطق الجافة ، ويمكن أن تتميز أصوليا من الشطوط Schotts التى تتجمع فيها المياه وتتبخر من مصادر ارتوازية . وتتباين البحيرات الملحية الكبيرة المساحة مثل بحيرة إيرى Lake Eyre فى أستراليا وبحر آرال Aral Sea فى آسيا الوسطى فى أعماقها وفى شواطئها التى تتراجع نتيجة أنكماشها بسبب عمليات البخر لتتكثف طبقات من الإرسابات الملحية . وتعتبر هذه السهول الطينية المغلقة كما هو الحال فى القسم الشرقى من قرة قوم Kara Kum من المناطق الهامة التى تختزن الرطوبة إذا ما قورنت بالرمل الزائد النفاذية المنتشر على هوامشها فقد حفرت قنوات أو مسالك مائية صناعية فى قرة قوم واسطة الرعاة الرحل لتقود مياه الأمطار إلى حفر تحفظ بها ومثل هذه الآبار تعتبر أساسية فى تربية الحيوانات .

وعندما يكون كلوريد الصوديوم نسبة كبيرة من الأملاح المرسبة يقل تماسك الأراضى السهليه بسبب تجمع ذرات الصلصال حولها . ويمكن الرمال التى تحملها الرياح عندئذ أن تحفر خطوطاً فى سطح الأرض Furrows . فالدهاليز الأرضية Yardangs يمكن أن تقوم الرياح المحملة بالحبيبات الرملية بحفرها فى صخور ضعيفة غير التكوينات الصلصالية . كما يمكن أن تتجمع حبات الرمل الدقيق والغرين وكذلك الصلصال التى حملتها الرياح على الجانب التى تهب إليه من المنخفض .

وإن كان لا ينظر للرياح فى الوقت الحاضر على أنها العامل السائد والأساسى فى تكوين ظاهرات النحت الرئيسية فى المناطق الجافة ، إلا أنه من الخطأ أن نعتبرها عديمة الأثر كلية . فعلى هوامش المناطق الجافة تزيد الرياح نتيجة لنشاط الإنسان وحيواناته فى امتداد النطاق الصحراوى . كما أنها بواسطة عملية الإذراء Deflation وبواسطة البرى Corrasion وكذلك بعملية الترسيب تلعب الرياح دورا هاما تطوير وتعديل الظاهرات الجيومورفولوجية الصحراوية .

وتنشط عملية الأذراء فى المواد الارسابية الدقيقة الحبيبات والتى يمكن للرياح أن تحملها كحمولة عالقة بواسطة الاضطرابات لدائرية التيارات الهوائية . فتزال المواد الناعمة من الترببات التى تكونت أثناء فترات سابقة أكثر مطراً وكذلك من الفتات الناتج عن عملية التحلل الصخرى تاركة المواد الصخرية الخشنة فى صورة غطاء حصوى يعرف باسم (رج) Reg . فيوجد الفتات الصخرى الخشن والذى يتراوح قطر حبيباته ما بين ٢ ، ٣ ملليمتراً فى القسم الشمالى من الصحراء الليبية على الأراضى المرتفعة المعرضة لفعل الرياح والمحيطة بالمنخفضات التى تتجمع فيها المواد الصخرية الناعمة لفترات قصيرة . وتتحرك حبيبات الكوارتز بعملية القفز والزحف السطحى وأحيانا ماترتفع عن سطح الأرض فى حركتها ولكن هذا يتوقف على سرعة الرياح وقوتها ، وكذلك على درجة وعورة سطح الأرض . وتنشط عمليات القفز على سطوح الأرض الحصوية والصخرية غير أن النبات الطبيعى يمكن أن يحد منها أو يوقفها . ويبدو أن الزحف الأرضى للفتات الصخرى Surface-Creep هو السائد إذا كانت سرعة الرياح شديدة وإذا كانت هناك حركة منتظمة فى تقديم ذرات الرمال على طول المنحدر . ومقدرة برى الرياح على تشكيل حفر كبيرة كتلك التى توجد فى الصحراء جوبى فى قارة آسيا أمراً مشكوكا فيه حيث أصبح من المتفق عليه الآن أن أقصى ما يمكن أن تقوم به الرياح هو إذراء الرمال الناعمة التى ملأت فجوات تكتونية الأصل (بمعنى هذه الفجوات قد نشأت نتيجة حمل الرياح وليس نتيجة لمقدرتها على النحت) .

غير أنه يمكن مشاهدة آثار عملية النحت بواسطة الرياح المحملة بالفتات الصخرى قريبا من سطح الأرض فى المواد الضعيفة وفى الأعمدة الخشبية فى الأراضى الصحراوية ، كما يمكن أن نموم هذه الرياح بإزالة طلاء العربات والمنازل . غير أن الصخور الصلبة يمكن أن تمنع هذه العملية كلية . وقد يقلل الطلاء الصناعى صفة عدم الانتظام فى سطوح المواد فى المناطق الصحراوية فيمنع من تجمع الرطوبة التى يمكن أن تكون بداية

تأثير عمليات التحلل الصخرى . كما أن عملية إزالة المواد المفككة والمحللة من فجوات « قرص عسل النحل » تؤدى إلى إظهار سطح صخرى جديد يتعرض لفعل الظروف الجوية . وفوق سطح الأرض حيث يكون أثر الرياح المحملة بالرمال والغبار واضحا يتكون الحصى الصخرى المثلث الجواب المعروف باسم Dreikanter التى تشبه فى شكلها « الجوزة البرازيلية Brazilian Nut » والتى يتضح أن جوانبها مشكلة بفعل برى الرياح .

وتؤدى مناقشة الإرسابات الهوائية إلى ميدان أكثر أمنا من مناقشة مقدرة الرياح على النحت ، على الرغم من أختلاف الآراء حول بعض هذه الظاهرات الإرسابية فحقول الكثبان الرملية العظيمة Ergs فى الصحراء الإفريقية وبحر الرمال العظيم فى سالانشو Salanscio فى الصحراء الليبية والنفود Nefuds فى صحراء شبه الجزيرة العربية ، وحقول الرمال فى صحراء استراليا العظمى ، أصبح من المعروف الآن بواسطة كثير من المتخصصين بأنها من أصل محلى تماما وأنها تمثل إرسابات مائية أعيد توزيعها ، وأن هذه أرسابات المائية قد تجمعت فى أحواض بحيرية خلال الفترات المطيرة من الزمن الجيولوجى الرابع . ومما لاشك فيه أن بعض هذه الرمال قد أشتق من تفتت الصخور الرملية التى توجد بكثرة فى بعض المناطق الصحراوية مثل الصحراء الأفريقية ، غير أن الكثير من هذه الرمال قد مر على مرحلة الارسابات البحيرية والنهرية . ولا بد أن يكون هناك مصدر هائل من الرمال حتى يمكن أن تتكون مثل هذه الحقول الرملية ؛ أما إذا كان مصدر الرمال محدودا فلا توجد إلا طبقة رقيقة أو كثبان رملية منعزلة .

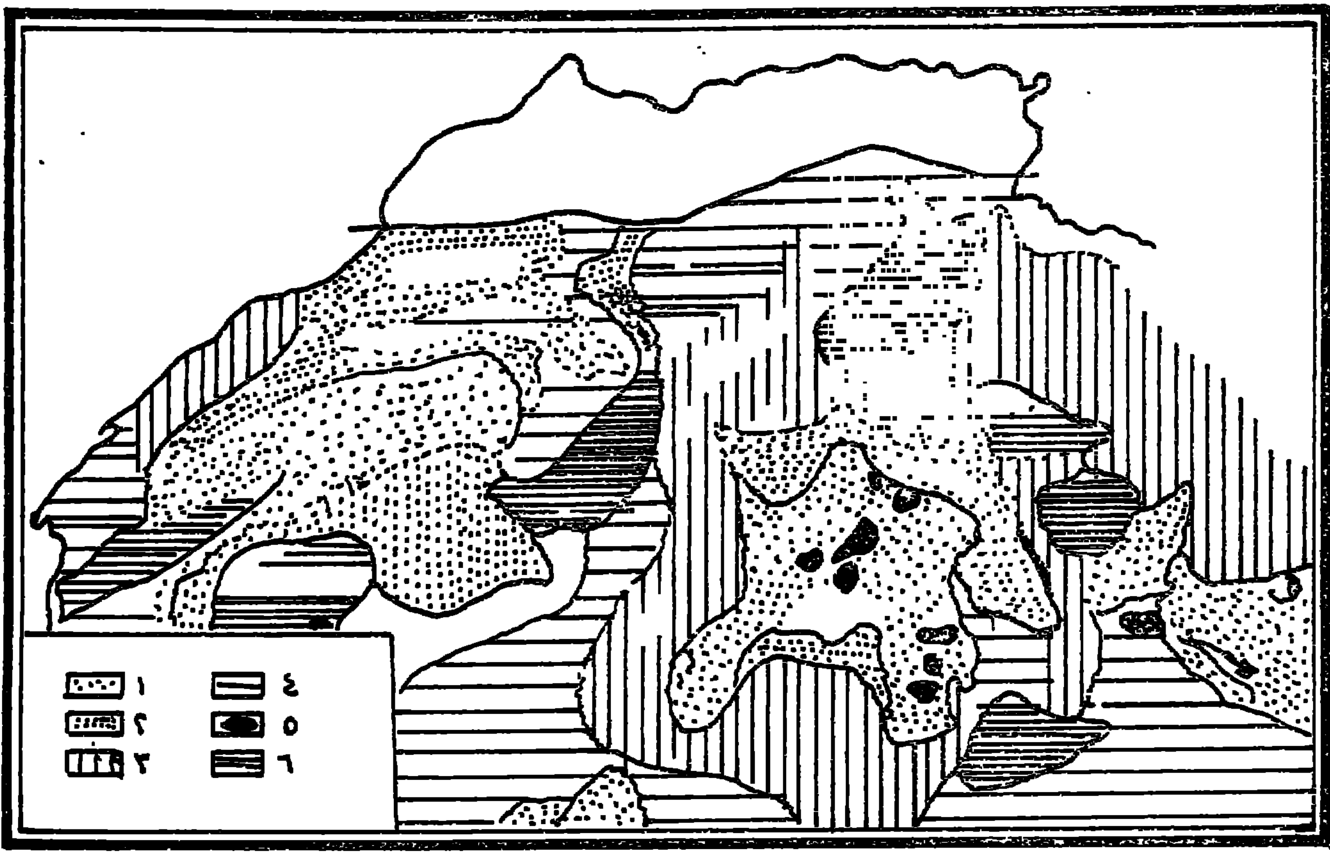
ومن أحسن الأمثلة على الانتشار الرملى الرقيق والذى يغطى مسافة تصل إلى آلاف الأميال المربعة ، وذلك الغطاء الرملى الذى يعرف باسم ساليما Selima فى الصحراء الليبية التى يقع فيها الصخر الصلب تحت سطح الرمال مباشرة . ويمكن للرمال فى ظروف كهذه أن تكتسح بواسطة الرياح السائدة مكونة كثبان رميلة تحف بدروب صخرية يطلق عيلها اسم جازيس Gassis فى القسم الغربى من الصحراء الأفريقية . ولقد

أستخدمت هذه الدورب الصخرية بقوافل الجمال ، كما اخترقتها أفواج العبيد من أراضى السفانا ومناطق الغابات الاستوائية المطيرة فى الجنوب إلى الواحات الصحراوية وسواحل البحر المتوسط فى الشمال . وأحيانا ماتتلف العربات الحديثة بالسير على هذه الدروب الصخرية المكشوفة . أما الرمال السطحية المتماسكة تكون أكثر أماناً بالنسبة لهذه العربات .

ولا يتسع المجال هنا لوصف تعقيدات الأشكال الكثيبية فى حقول الرمال العظمى فى الصحراء الأفريقية الكبرى ومثيلاتها من صحارى العالم القديم ، ولكن يمكن أن نتناول الأنماط الرئيسية منها . وإنه لمن المهم أن نشير إلى تلك الحقيقة التى تقول بإن مناطق الحقول الرملية والممثلة فى حقل الرمال الشرقى العظيم Grand Erg Oriental وحقل الرمال الغربى العظيم Grand Erg Occidental فى الصحراء الأفريقية وكذلك رمال النفود فى شبه الجزيرة العربية ، ورمال الدافانز Davans فى أفغانستان ، تعتبر أقل الغطاءات الرملية حركة . وقد يبدو أن الرمال دائمة التوزيع فى منطقة من المناطق محددة المساحة ، غير أن الصورة الرئيسية تظل فى هيئة كثبان مستعرضة وكثبان طولية . ويمكن تشبيه الكثبان المستعرضة بتموجات ضخمة من الرمال تختلف فى أرتفاعها وفى طولها . وسواء أكانت هذه التموجات بارزة المظهر أو كانت غير واضحة المعالم ، وسواء أكانت المسافة بين محاور هذه التموجات طويلة أم قصيرة ، فيبدو أن هذه الخصائص ما هى إلا أنعكاس لقوة الرياح السائدة فى تلك المناطق . وكما هو الحال بالنسبة لأمواج البحر فهناك حد للأرتفاع الذى يمكن أن تصل إليه قمة الموجة الرملية . وتقوم الرياح القوية بإذراء حبات الرمال على طول محاور هذه الموجات لتلقى بها فى الفجوات الأمامية أى فى الجهة التى تهب إليها الرياح بدرجة تقلل من أرتفاع المظهر التضاريسى يرى الكثيف وهناك أجزاء أخرى توجد كثبان رملية طويلة ضخمة تبدو مرتبة فى توافق مع أتجاه الرياح السائدة فى حين أن الكثبان العرضية توجد فى عمودى على أتجه الرياح ويمكن أن تكون الكثبان الطويلة ذات أنحدارات شديدة محاور كحد السكين والذى أطلق عليها أسم

(سيف Sef) فى الصحراء الجزائرية لما بينها وبين الحصام من شبه . ويمكن نتيجة التغير فى أتجاه الرياح أن تتشكل هذه الخطوط الكثيبية الطويلة وتصبح على هيئة كثبان هرمية أو نجمية الشكل . وتوجد الكثبان الطويلة على هوامش الأروب الصخرية ، وتبدو على هيئة عرف الديك . وتجعل أنحداراتها الشديدة الحركة من الدوب الصخرية الخالية من الرمال إلى حقول الكثبان الرملية صعبة على الحيوانات وصعبة بصفة خاصة على العربات ، وذلك على الرغم من أن . اللوريات الثقيلة قد أثبتت مقدرتها على صعود منحدرات بارتفاع ٩ مترا (٣٠ قدما) وذات أنحدار يقترب من أربعين درجة .

وباستثناء رمال النفود فى الصحراء العربية تتمثل أحسن حقول الكثبان الرملية فى الصحراء الأفريقية (شكل ٤) حيث تفصلها عن بعضها أرصفة صخرية مكشوفة . والكتل المرتفعة مثل التبستى والحجار التى تترتب حولهما الكويستات المرتبطة بالصخور الرسوبية وتعلوها القمم البركانية كما هو الحال فى قمة إيمى كواسى Emi Koussi التى يصل ارتفاعها إلى ٢٤١٥ مترا (١١٢٠٤ قدما) فى كتلة تبستى . ويمتد واحد من هذه الحقول الرملية من ساحل السنغال عبر موريتانيا ويستمر حتى الجزائر باسم عرق شيش Erg Chech الذى يندمج بعد ذلك فى العرق الغربى العظيم والعرق الشرقى العظيم . وهناك حقل آخر يقع على هوامش كتلة الحجار والذى يعرف باسم العرق السودانى فى الجنوب وعرق الإصاوانى Issouane فى الشمال وعرق مرزق فى ليبيا . وتحاط كتلة تبستى نحو الشرق بحقول الرمال المعروفة باسم تنرى Tenre وبلما من الجهة الغربية ، وتحاط من الناحية الشرقية بالامتداد العظيم للصحراء الليبية . وتتأثر كل هذه الحقول بالتيارات الهوائية الغالبة من الشمال الشرقى إلا الجنوب الغربى . أما الكثبان المتماسكة والانتشارات الرملية الرقيقة فإنها تمتد أبعد من ذلك صوب الجنوب حتى تصل إلى الحدود الشمالية لحوض الكنغو حيث تغطيها نباتات السفانا . وأبعد من ذلك إلى الغرب فى النيجر الأوسط مازال الكثير من الكثبان الرملية متحركا ، ولكن يعتقد أن العامل البيولوجى هنا ــ ممثلا فى تركيز رعى الماشية وسقياها من مياه النيجر ــ يمكن



شكل ٤ : بنية وتضاريس القسم الغربي من صحراء شمال أفريقيا .
عن : (Verlst. Le Sahara, "Que Sais Jo". No. 766)

١ – القاعدة الأولية .
٢ – صخور رسوبية تابعة للزمن الأول .
٣ – صخور رسوبية بحرية تابعة للزمنين الثاني والثالث .
٤ – صخور رسوبية قارية تابعة للزمنين الثالث والرابع .
٥ – كتل بركانية .
٦ – شروق الكبرى .

أن يكون العامل الفعال فى حركة الرمال فى بعض المناطق ، فى حين أن هناك كثبان رملية ثبتتها النباتات الطبيعية .

ولقد أعتبر معظم الدارسين الكثبان الهلالية Barkhans الشكل الكثيبى الرئيسى فى الأراضى الصحراوية الحارة . ولئن كانت هذه الكثبان الهلالية نادرة نسبياً فى الصحراء الإفريقية فإنها تميز بشكل كبير الصورة الكثيبية فى كل من الصحراء العربية والصحارى الآسيوية ، وكذلك صحارى أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية ، وتعتبر الكثبان الهلالية فى وادى الموت أحسن مثل معروف على ذلك . ويبدو أن هذه الكثبان الهلالية المتناثرة والتى يتجه فيها جناحا الكثيب Horns صوب الاتجاه الذاهبة إليه الرياح ترتبط بمناطق يكون فيها مصدر الإمداد الرملى غير دائم ، وعلى النقيض من حقول الكثبان الرملية العظمى Ergs ، تعتبر هذه الكثبان الهلالية ظاهرات سريعة الحركة ومتقطعة أى غير متصلة ، كما تتصف بارتفاعاتها الكبيرة وتعلوا الأراضى السهلية المستوية ذات الصخور الصلبة المتماسكة وتتناقص أنحداراتها البسيطة الموجهه للرياح والتى غالبا ما تكون أقل من ٥٤ مع الانحدارات الشديدة على الجانب الهابة إليه الرياح والتى تتوافق إلى حد كبير مع زاوية الإستقرار الرمال الجافة وهى حوالى ٣٣° ، فى حين أن أجنحة الكثيب وكذلك التغير المفاجيء فى الانحدار بين منحدر جسم الكثيب وواجهته تضيف إلى المظهر الكثيبى خصائصه المميزة . وكما هو الحال فى النفود فى وسط نجد فى المملكة العربية السعودية أحياناً ما يمكن أن تتكون الكثبان الهلالية فوق سطح كثبان قبابية أكبر تحيط بها هى الأخرى فجوات ناتجة عن عملية سفى الرمال . وتوجد هذه الكثبان الهلالية على هيئة كثبان منعزلة فى موريتانيا وإلى الشمال من أنحاءة نهر النيجر . كما توجد الكثبان الهلالية المنعزلة إلى الجنوب . حوض تاريم فى صحراء تكلا مكان والتى تعلو فيها هذه الكثبان تربه الصلصالية الجافة لبحيرات الأحواض القديمة . أما فى بلوخستان فهناك أمثلة معروفة الكثبان الهلالية المتحركة عبر الممرات التلالية حيث تهب الرياح خلال دهاليز بين هذه التلال . ولكن يبدو أن هذه الكثبان كما هو الحال فى أى

مكان آخر توجد به الكثبان الهلالية المنفردة لها علاقة بالمناخ الجاف وشبه الجاف أكثر من علاقتها بالمناخ الشديد الجفاف .

ولا يقتصر وجود الكثبان الرملية بطبيعة الحال على الصحارى الداخلية . فتوجد الصحارى الساحلية التى يبدو أن نمط الكثبان الرملية فيها متأثراً أساساً بخصائص خط الساحل ونظم هبوب الرياح . ففى المناطق المنخفضة من الصحارى الساحلية كما هو الحال فى موانى بيرو وبوليفيا تسودها الكثبان الرملية الهلالية وإن كانت الكثبان الطولية والمستعرضة موجودة أيضا . وكل هذه الأنواع من الكثبان الرملية يمكن أن تتحرك صوب يابس الأرض لمسافات كبيرة حتى توقف حركتها نحو الداخل بواسطة هوامش الهضاب كما هو الحال فى بيرو ، أو بواسطة الزيادة فى الرطوبة والأزدهار فى الحياة النباتية الطبيعية .

وتفرض الكثبان الانفرادية المتحركة مشاكل قاسية على الواصلات فى المناطق الجافة ، تلك المناطق التى يعتمد الحفاظ على النشاط الإقتصادى بها على وجود وسائل المواصلات ، ويمكن أختراق الكثبان الإنفرادية بسهوله بواسطة ، السيارات ، كما أنها قد أثبتت قلة خطورتها على إطارات « وسست السيارات » من تلك القطاعات أو الأجزاء من الأرض الصخرية فى المناطق الصحراوية . وهناك من ناحية أخرى يقع الكثير من الحوادث فى المناطق الصحراوية عندما يتعرض السائقون غير المتمرسين على القيادة فى تلك المناطق للأنحدار الشديد الذى يفصل بين جسم الكثيب الهلالى وواجهته . أما بخصوص السكك الحديدية فى المناطق الصحراوية ، تكون المشكلة هنا شبيهة بتلك المناطق التى تسقط عليها الثلوج والتى تحتاج إلى إزالة هذه الثلوج باستمرار فى الأراضى شبه القطبية . فلقد كانت هناك صعوبة جسيمة فى بناء واستخدام الخط الحديدى المعروف بخط « عبر قزوين Trans - Caspian » والذى يمتد من بحر قزوين إلى سمرقند . ففى الثلاثين ميلا الأولى من بحر قزوين والتى تقع بين ما بين واحة مرف (ميرى) Merv (Mery) وأوكساس Oxus (آموداريا Amu Darya)) ، وفى النطاق الضيق ما

بين أوكساس وبخارى ، قد بذلت جهود هندسية للحد من حركة الكثبان الهلالية . تفرعت هذه الجهود من تشبيع أرضية الطريق بمياه بحر قزوين لتكسبها تماسكا ، إلى تغطية قطاعات منه بطبقة صلصالية ثم بغرس أعمدة خشبية فى جسم الكثيب على الجانب المواجه للرياح . كما كانت هناك محاولات أخرى أقتضت تشجير الكثبان بنبات الطرفاء الذى تقل من بعض الحدائق أو المشاتل الموجودة فى الجبال الإيرانية ، وأمكن زراعته على جانبى الطريق للحد من حركة الرمال . وبالرغم من كل هذه الاحتياطات مازالت الاستعانة بفرق عمالية ملسة وضرورية لكى يبقى الخط الحديدى مفتوحا . وعلى النقيض من ذلك لم يعترض بناء الخط الحديدى بين بسكرا Biskra وتوجورت Touggourt الذى يخترق العرق الشرقى العظيم أى عقبات وذلك بسبب الثبات النسبى الذى تتصف به رمال هذا الحقل الكثيبى الضخم . وعموما فلم تكن هناك صعوبات تذكر على الحفاظ على هذا الخط مفتوحا .

إنه الكثيب الهلالى أكثر من العرق الذى يعتبر المشكلة بالنسبة للواحات . فقد إنهارت المنازل الموجودة على الجانب الغربى لواحة جالو فى ليبيا نتيجة هجرة كثبان رملية متحركة داخل منخفض الواحة فى الوقت الذى لم يعرف فيه أن حقلا رمليا (عرق) قد دفن برماله واحة من الواحات . ويعتبر هذا التباين بين حقول الكثبان الرملية الكبيرة والكثبان الانفرادية المهاجرة ، من ثم غاية فى الأهمية فى جوانب كثيرة من جغرافية الصحارى . إذ يعتبر العرق بسبب مقدرته على خزن المياه عنصرا ثابتا وفعالا من عناصر البيئة الطبيعية ، وكذلك بسبب مراعيه التى وإن كانت غير دائمة إلا أنها تستمر فترة كبيرة مرعى لقطعان البدو الرحل ، وكذلك بسبب ملاءمتها لوسائل النقل فى الصحراء كالجمال ، والنقل بواسطة السيارات والسكك الحديدية ثم بسبب حصانتها النسبية ضد دفن الواحات التى تقع داخل حدودها . وعلى الرغم من ذلك فإنها إذا ما قورنت بالسهول الفيضية وبقنوات الأودية والمراوح الإرسابية المحيطة ببطون الأحواض ، الصحراوية فإنه لا يمكن أعتبارها بأى حال من الأحوال بيئة استيطانية هامة فى المناطق الجافة .

وتوجد فى نطاق صحارى داخل آسيا وبخاصة على هوامشها الشرقية والجنوبية الشرقية رواسب أدق فى حبيباتها من رمال الصحراء الكبرى وصحراء شبه الجزيرة العربيـة . ففـى الصين وحدها توجد مساحات تقدر بحوالى ٢٥٩٣٠٧ كيلو مترا مربعاً (١١٩٠٠٠ ميلا مربعا) من تكوينات « اللوس Loess » ، وإن كان معظم هذه المساحة يوجد فى الوقت الحاضر داخل نطاق المناطق المطيرة أكثر من وجوده فى المناطق الجافة وشبه الجافة . كما توجد تكوينات اللوس فى مواضع طبوغرافية (تضاريسية) متعددة فى القارة الآسيوية ، فأحيانا توجد فوق السلاسل الجبلية وفى الأودية التى تفصل تلك السلاسل عن بعضها ، وفى أماكن أخرى توجد على شكل غطاء سميك فوق هضاب مقطعة ومتصدعه ، فى حين أنها فوق الأراضى السهلية المنخفضة وأحواض البيدمونت لا تكون بصورة واضحة إذ تحتوى على كميات كبيرة من الحصى والفتات الصخرى . وعلى الرغم من أن تكوينات اللوس قد عرفت بأنها إرساب غير رقائقى ودقيق الحبيبات يرجع إلى الزمن الجيولوجى الرابع إلا أنها ليست بأيه حال متجانسة القوام فتتباين أرسابات اللوس فى اللون وفى درجة الخشونة ، كما يمكن أن تكون على هيئة طبقات تفصلها عن بعضها شرائح حصوية . ولقد أختلفت الآراء فى تقدير عمر أرسابات اللوس ، فيرجعها البعض إلى أواخر البليوسين ويرجعها البعض الآخر إلى الزمن الجيولوجى الرابع . وهناك أختلاف حول أصل المواد المستمدة منها تلك الأرسابات ويرجع هذا الاختلاف إلى تباين أنواع الفتات الصخرى فى كتلة إرسابات اللوس نفسها . ففى بعض الأحيان . وإن كان هذا قاصرا على بطون الأودية . يوجد فتات صخرى نتيجة أنهارات الأمطار الغزيرة فى صورة خليط حصوى كونجلوميريتى فى الجزء الأسفل من التكوينات اللوسية . أما فى الأجزاء الوسطى من المنخفضات فيوجد فتات صخرى نهرى بحيرى (اللوس الطباقية — إرتشوفن Richthofen) ، والتى يمكن أن تمثل المواد الدقيقة الحبيبات التى حملتها الأمطار إلى أسفل المنحدرات إلى منخفض البلايا والتى تكون فيها الإرسابات فى صورة طباقية ، وهى إرسابات أرضية وتحمل بقايا نباتية لمياه عذبه .

ولقد أكتشفت عظام وحتى هياكل كاملة لحيوانات وحيد القرن أو الخرتيت والفيلة والحصان والثيران والغزال والتيتل والجمل . فى تلك الطبقات الغنية بحفرياتها .|

أما تكوينات اللوس الصفراء فيعتبرها كثير من الدارسين أنها تمثل إرسابات هوائية وإن كانت غير متجانسة فى خصائصها الميكانيكية والكيميائية . وتحتوى إرسابات اللوس فى آسيا الداخلية على تكوينات رملية فى هوامشها الشمالية تعكس تشابها مع حبات الرمال السائبة على الهوامش الجنوبية للأجزاء الجافة من آسيا الداخلية . وأبعد من هذا صوب الجنوب والشرق تكون الذرات الدقيقة سائدة إلا حيث تكون المياه قد قامت بتصنيفها أو إدخال طبقات حصوية عليها . وتوجد فى هذه الإرسابات اللوسية الصفراء عقد جيرية إما فى صورة تجمعات متباعدة وإما فى صورة طبقات رقيقة مرتبة . ويبدو أن التقديرات القديمة لسمك اللوس الهوائية كان مبالغا فيها ، فلقد أعتقد رتشوفن أن سمك هذه الإرسابات قد بلغ فى منخفضات إقليم الاستبس ما يقرب من ٦٠٠ مترا (٢٠٠٠ قدما) فى حين لا تتعدى التقديرات الحديثة ٤٠٠ مترا (١٣٠٠ قدما) . وفى أماكن كثيرة وبصفة خاصة بعيدا عن هضبة أوردوس Ordos Platean لا يكون سمكها أكثر من ٤٠ ، ٥٠ مترا (١٥٠ قدما) . وهناك من الأدلة ما يثبت أن تكوينات اللوس الصفراء هوائية الأصل غير أن البيدرلوجين الروس والصينيين يصرون على أن اللوس الصفراء الحقة تتكون نتيجة فعل عمليات تكوين التربة وأن الإرسابات الام لهذه التربة قد تكون من أصول متباينة النشأة . ومما لا شك فيه أن اللوس قد ترسبت وتجمعت وسارت فى تغيرات بيدولوجية فى غضون فترات ما قبل التريخ والفترات التريخية . ففى شمال الصين حيث يوضع الموتى فى صناديق من الخشب السميك على سطح الأرض أو تغطى فى حفرة ضحلة ، قد ردمت هذه الصناديق وتلك الحفر بإرسابات لوسية يبدو واضحا أنها هوائية الأصل والنشأة .

ويمكن للمره أن ينتهى إلى النتجية التى تقول بإن تطور أراضى تكوينات اللوس فى آسيا الداخلية وتطور الأراضى الجافة فى الحوضين الأوسط والأعلى لنهر الهوانجيو تعكس

نشأة وتطور الظاهرات الجيومورفولوجية فى المناطق الجافة وشبه الجافة فى بقية الأراضى الجافة تحت تأثير الذبذبات المناخية الجافة والمطيرة والتى حدثت فى أواخر الزمن الجيولوجى الثالث وخلال الزمن الجيولوجى الرابع . وعليه فإن كل التطورات الجيومورفولوجية مشتملة على الآثار الجليدية المباشرة وغير المباشرة قد لعبت دورا أختلفت حدته زمنيا ومكانيا .

تربات الأراضى الجافة :

إنه لمن الواضح أن قسما كبيرا من الأراضى الجافة وبخاصة تلك الأراضى الشديدة الجفاف أى المناطق الصحراوية الحقة ، ينبغى أن تصنف التربة فيه على أنها من النوع المحلى المتكامل التكوين أى من النوع الذى يعرف لدى البيدولوجيين باسم « أهلازن »(١) . فالعمليات البيدولوجية التى تعمل على نمو طبقات التربة (Azonal(١)) تقاطع باستمرار بسبب الطبيعة المتقطعة لعمليات الترسيب وكذلك بسبب أثر تذرية الرياح ، فى نفس الوقت الذى يحد فيه النقص فى الرطوبة أو يكاد يمنع العمليات الكيمائية من الوصول مداها . وبالأضافة إلى ذلك هنـاك أيضا فقـر وغيـاب الغطاء النباتى المتصل إلا من حالات مبعثرة ، الأمـر الـذى يترتـب عليـه فقـر فى المادة العضوية . وعليه فإن المرء لا يتوقع فى ظل الظروف الشديدة الجفاف أن يجد التربات الحقيقية إلا فى أماكن محددة ومبعثرة كما هو الحال على نطاق كبير فى مناطق الواحات (وليس فى كل الواحات) ، وعلى نطاق ضيق تحت مجموعات الشجيرات المبعثرة غير المتصلة . ويصعب بالمعنى الدقيق أعتبار تربات « الحمادا » « الرق » و « العرق » وبعض تقسيمات التربة فى المناطق الشديدة الجفاف ، تربات حقيقية حيث أن هذه

---

(١) للتربة تقسيمات إقليمية ثلاثة هى : التربة التى تتكون فى ظل ظروف مناخية متشابهة (سائدة) وتسمى "Zonal" والتربة التى تتكون نتيجة ظروف مناخية محلية فى النطاق المناخى وتسمى "Intrazonal" ثم التربة السطحية غير المتكاملة النمو من حيث مقطعها وتسمى "Azonel" (المترجم) .

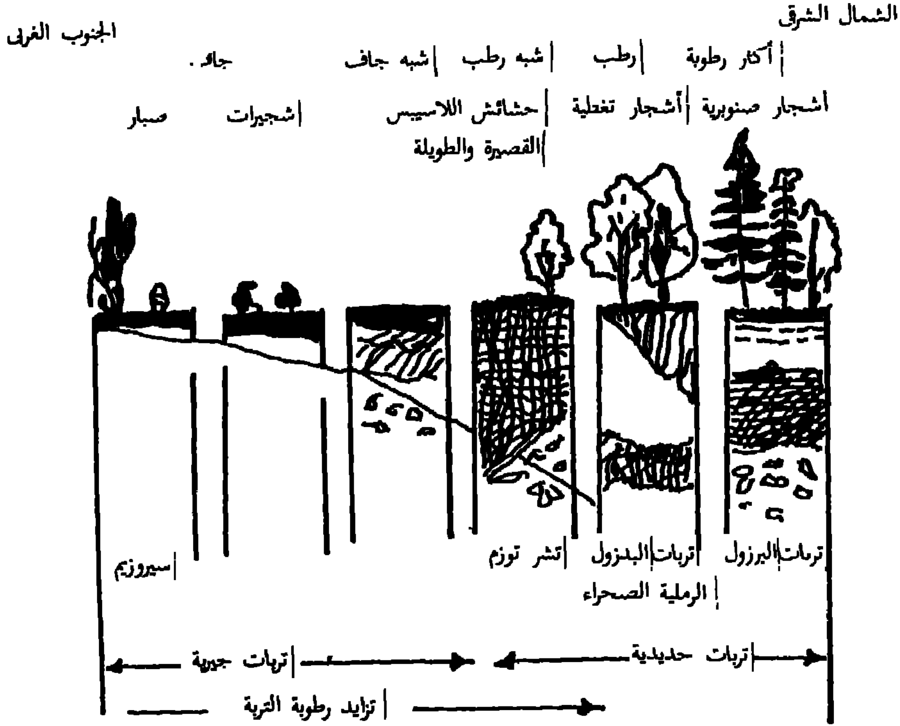
التقسيمات ما هى فى الحقيقة سوى تقسيمات جيومورفولوجية بسيطة . فتعبيرات مثل تربات « شديدة الإذراء » تستخدم للدلالة على « الرق » أى المناطق الصحراوية الحصوية التى انتزعت منها المواد الناعمة بفعل الرياح أو بالانحراف المائى على المنحدرات . ويشتمل تعبير « التربة الإرسابية » التقسيمات المختلفة للكثبان الرملية من الشكل الصغير ممثلا فى « النبكات Nebkas » إلى الصورة الكبيرة مثل الكثبان الهلالية والحقول الرملية أى العرق . كما يجب أن يضم هذا النمط من التربة الإرسابية النمط الذى تنمو فيه النباتات فى كثير من واحات الصحراء الكبرى والصحراء الليبية .

ومن وجهة النظر البيدولوجين|قد يكون من الأصوب التفكير فى تعبيرات مثل التربة الهيكلية Skeletal Soils لقسم كبير من الأراضى الصحراوية الشديدة الجفاف . وهذه غالبا ما تقسم إلى « تربات صخرية Lithoecois|» حيث يكون الصخر مقاوما لعمليات التجوية ولا توجد عليه إلا نباتات قليلة جدا ، إذ أن هذه النباتات لا تستطيع أن تضرب بجذورها فى الصخر الصلب ما لم تشتمل هذه الصخور على قدر كبير من الشقوق ؛ وإلى « تربات هشة Regosols · والتربات الهشة (المفرولة) تتكون فوق صخور رسوبية ضعيفة وفوق الصخور التى تعمقت فيها عمليات التجوية (تربات حفوية متبقية) وكذلك فوق العناصر الحصوية من إرسابات اللوس فى الصين وأجزاء من تونس . وهذه التربات الهيكلية يصعب التمييز بينها حيث يمكن أن تنمو على تربة Regosols بعض الأعشاب والشجيرات الكافية للرعى كما يمكن أن تحتوى على مواد عضوية كبيرة (غير الدربال الحقيقى) ولمثل هذه التربات الهشة العضوية قد استخدم تعبير Regosol Renker .

وفى المناطق التى تقل فيها حدة الجفاف أى المناطق شبه الجافة والتى مازالت تفوق فيها عمليات البخر كمية التساقط غالبا ما تنقصها عمليات غسل الأملاح المعدنية القابلة للذوبان مثل كربونات الكالسيوم وسلفات الكالسيوم . وتكون هناك باستمرار حركة رأسية علوية للرطوبة الموجودة فى التربة وفى ظل مثل هذه الظروف فإن هذا النوع

الإقليمى للتربة هو من نمط التربة الكلسية Pedocal Soil (شكل ٥) ، والتى توجد بها عقد أو طبقات من الجير فى قطاعها الرأسى . وفى أوضح أنواع التربة الكلسية تتكون التربة فى معظمها من مواد معدنية مع نسبة أقل من ١ ٪ من المواد العضوية . وهنا يمكن أن تكون كربونات وسلفات الكالسيوم قشرة سطحية (مثل الكاليش) من الجير والجبس . وعادة ما تكون المعادن فى هذا النوع من التربة فى متناول النباتات وبخاصة عندما تكون خصائص ظروف التربات الكلسية أكثر تركيزا ووضوحا حيث تفتقر التربة إلى الرطوبة التى يمكن أن تجعل المواد المغذية فى صورة تستطيع النباتات والمحاصيل الزراعية الاستفادة منها . وفى الحقيقة فإن أحد الفوائد من عملية الرى هو إعطاء رطوبة التربة لهذا الغرض فى حين أن الزراعة الجافة تهدف إلى حفظ مياه الأمطار أو منع عمليات البخر الزائدة للمياه الأرضية . وقد أمكن التوصل إلى نتائج ملحوظة لزراعة أشجار الفاكهة والخضروات وأعشاب الرعى وحتى لزراعة القطن فى الواحات الصحراوية — ذات النمط الإرسابى من التربة — ؛ ولكن فى مثل هذه الواحات يستمد النبات عناصره الغذائية أساسا من المعادن الذائبة فى المياه الجوفية المستخدمة فى الرى . وعندما تكون حبيبات الرمال كبيرة لا نتحقق على الرغم من ذلك الفائدة الكاملة لعملية الرى ، إذ أنه كما يحدث فى بعض المساحات من الأجزاء الشديدة الجفاف وتكون تربتها واسعة المسام فإن المخصبات التى تستخدم لا نستطيع مع الرى أن تستقر فى التربة حتى تستفيد بها جذور النبات وذلك لا تساع الفراغات فى التربة .

وعلى هوامش الأجزاء الصحراوية الشديدة الجفاف يتصف المطر بأنه أعظم كمية وبأنه فصلى فى حدوثه أكثر منه فى صورة رخات متباعدة الحدوث . وأحيانا تظل قشرة الجير والجبس موجودة على سطح الأرض غير أن التربة الحقيقة تقبع تحتها . وهذه التربات البنية والرمادية الصحراوية وشبه الصحراوية تسمى « سيروزيم Sierozems » ولا تزال المواد العضوية فى هذا التربات فقيرة وتستمدها هذه التربات من الشجيرات مثل تلك المعروفة بأسم Artemesia . وحيث يزداد المطر بزيادة طول الفصل المطير ، تبدأ



شكل ٥ : قطاعات التربة على طول خط يمتد من الشمال الشرقى إلى جنوب الغربى فى الولايات المتحدة الأمريكية .

عن : (Thompson, Soils and Fertility, 1952, Mc Graw Hill.)

الحياة العشبية فى الظهور وتكون الحياة النباتية فى بادىءالأمر عبارة عن شجيرات مبعثرة . وتعطى كمية الدوبال الناتجة عن الحياة النباتية المزدهرة لونا داكنا للتربات الكستنائية ـــ البيئة فى أراضى الاستبس ، غير أن خصائص التكلس ما تزال موجودة فى التربة حيث يحتفظ مقطع التربة بطبقة كربونات الكالسيوم . وتعطى هذه التربات التى تشغل الأراضى الجافة من السهول العظمى فى أمريكا الشمالية وأراضى الاستبس فى القارة الآسيوية إذا ما قورنت بتربة السيروزيم بيئة محصولية غير مستقرة . فحيث توجد تربة السيروزيم وحيث االنظم المناخية التى توجد فى ظلها هذه التربة يكون

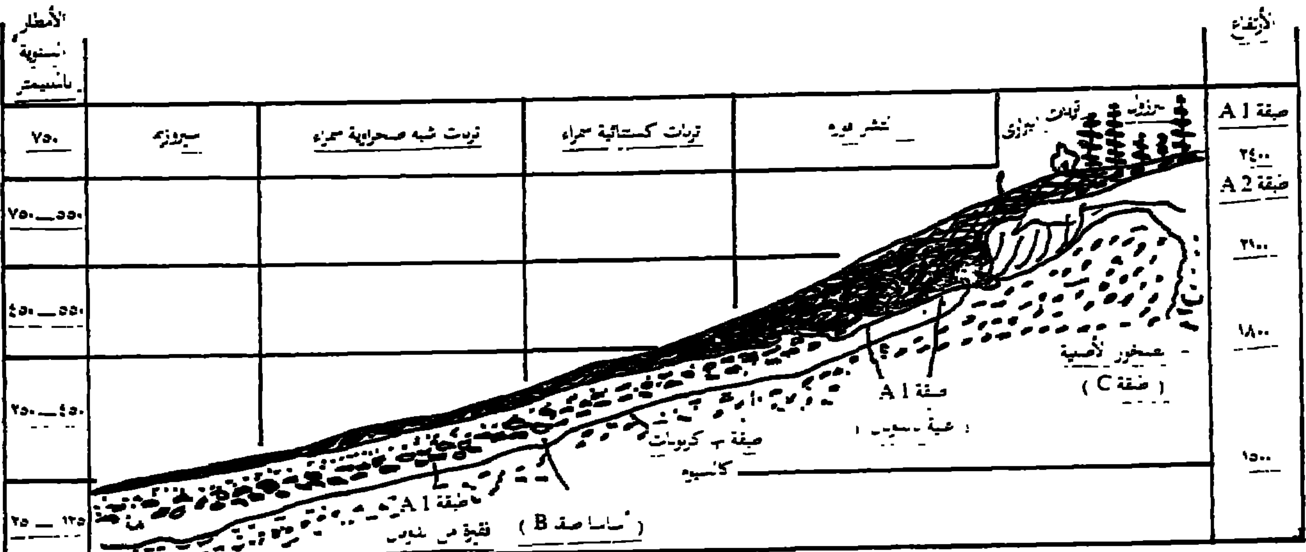
واضحا أنها غير مشجعة على الزراعة إلا فى ظل ظروف تكون هذه التربة فيها مكونة من ذرات دقيقة على هوامش سهل فيضى أو مراوح إرسابية رطبة . أما التربة البنية الكستنائية فتوجد فى مناطق الانتقال التى يمكن فيها أن تغرى الظروف المتذبذبة من الرطوبة والجفاف الفلاح بتوسيع رقعة أرضه الزراعية بزراعة بعض الحبوب فى السنوات الرطبة ولكنه يعانى من هلاك المحصول وإزالة التربة بسبب الدوامات الهوائية الترابية أثناء السنوات الجافة . وحتى أثناء السنوات المطيرة هناك أساليب معينة يجب أن يتبعها الفلاح إذا ما أراد أن يجنى محصولا وافرا .

وبزيادة الظروف الرطبة وثبات حدوث المطر يصبح الغطاء النباتى العشبى أكثر اتصالا وأكثر غنى وأزدهارا ، وتكون هناك حماية أوفر ضد تعرية الأمطار للتربة وضد آثار السيول الغطائية Sheet run-off وترتفع نسبة المواد العضوية وتصبح عملية تكوين الدوبال فى التربة أحسن ، وكل ذلك بسبب تأثير الزيادة فى الرطوبة . غير أنه حتى فى التربة السوداء Black Earths (التشرنوزم) تظل نسبة الدوبال التى تحويه هذه التربة حوالى ١٠ ٪ أو أقل من ذلك والتى تكون أقل من اللون الداكن الذى قد يشاهد من النظرة العابرة فى طبقة ا ــ A من قطاع هذه التربة . وتوجد كربونات الكالسيوم على هيئة عقد أو طبقة متصلة فى قطاع تربة التشرنوزم وذلك إما عند أو قريبا من الجزء السفلى أى قاعدة الطبقة ب ــ B من قطاع التربة . ولقد أشتقت كثير من تربات التشردنوزم من صخور كلسية ولكنها تعتبر تربات إقليمية Zonal Soils وليست تربات محلية Intrazonal Soils حيث يمكن أن يعكس هذه الصفة الصخر الأم الذى يمكن أن تشتق منه . ويربط المرء تربات التشرنوزم بنطاقات زراعية الحبوب الكبرى من العالم ــ مثل نطاقات القمح فى كل من الولايات المتحدة الأمريكية وكندا ، ونطاقات القمح فى أوكرانيا والأرجنتين . ويعرف الثبات الواضح فى فصلية المطر وكمية تربات التشرنوزم بأنها تربات هامشية للأراضى الجافة من العالم . ولكن لما كانت هذه التربات غالبة التكوين من أرسابات اللوس فى كل من العالمين القديم والجديد يبدو أن صفة الجفاف هى

العامل الأساسى المساهم فى تكوينها .

وفى المناطق التى توجد بها إرسابات اللوس توجد أيضا تربات تشبه تربات التشرنوزم ولكن ينقصها التركيز فى تكوينات كربونات الكالسيوم . غير أن هذه التربات قد غسلت بصورة واضحة ونتج عن عملية الغسل هذه أن وضعت هذه التربات فى نمط يعرف بأسم تربات البرارى Prairie Soils فى النطاق المطير وليس فى النطاق الجاف . ويمكن الإشارة إلى الرطوبة الكبيرة فى مناطق تربات البرارى بملاحظة أن هذه المناطق تتمثل فيها تربات ما يسمى بنطاق الذرة فى الولايات المتحدة الأمريكية . وبعد أن انتقلنا من التربات الكلسية إلى التربات العضوية ، ينبغى أن نسجل أن حد الأرض الجافة الذى أمكن التوصل إليه بمعرفة العلاقة بين المطر والبخر ، لا يتوافق مع التقسيم بين هاتين المجموعتين من التربات . ولهذا دوره فى التناقضات التى سبق ذكرها فى الفصل الثانى حيث كان واضحا أن التربات المتكاسة تغطى حوالى ١ ٪ من الأراضى الجافة أكثر من نسبة الأراضى الجافة التى حددت على أساس كل من عامل المناخ والنبات الطبيعى فى الوقت الحاضر .

وبأستثناء تربات التشرنوزم الحقيقية فى قارتى أوراسيا وأمريكا فإنه ليس من السهل أن تتصور أن هناك تربة أقليمية Zonal Soil على درجة من الصعوبة من حيث التجمعات النباتية ، ومن حيث الزراعة فى نطاقات مناخية تكون فيها الحرارة مرتفعة بدرجة كافية لنمو النبات على مدار السنة . ففى مساحات كبيرة فى شمال وجنوب أفريقيا ، وفى الامريكتين ، وفى آسيا وكذلك فى استراليا قد استبعدت الزراعة إلا من مناطق الاستبس الهامشية والواحات الطبيعية أو تلك التى صنعها الانسان وكذلك الأحواض النهرية . وكما لا حظنا لا يوجد هناك شيء اسمه الجبل الصحراوى ، وذلك لأن الرطوبة تزداد بالارتفاع ، ولذلك فإن المرء يجب أن يأخذ فى الأعتبار التتابع فى أنماط التربة وهو صاعد من قاع حوض صحراوى إلى هوامشه الجبلية أو طول منحدر لكتله جبلية ترتفع فوق الأراضى السهلية المحيطة بها . فعلى طول مثل هذه القطاعات يمكن أن



شكل ٦ : أثر التضاريس على نمط تربة فى منطقة « بج هورن Big Horn » فى ويومنج Wyoming بالولايات المتحدة الأمريكية .

عن : (Jonny, Factors of Soil FormationU a system of quantitative pedology. 1941)

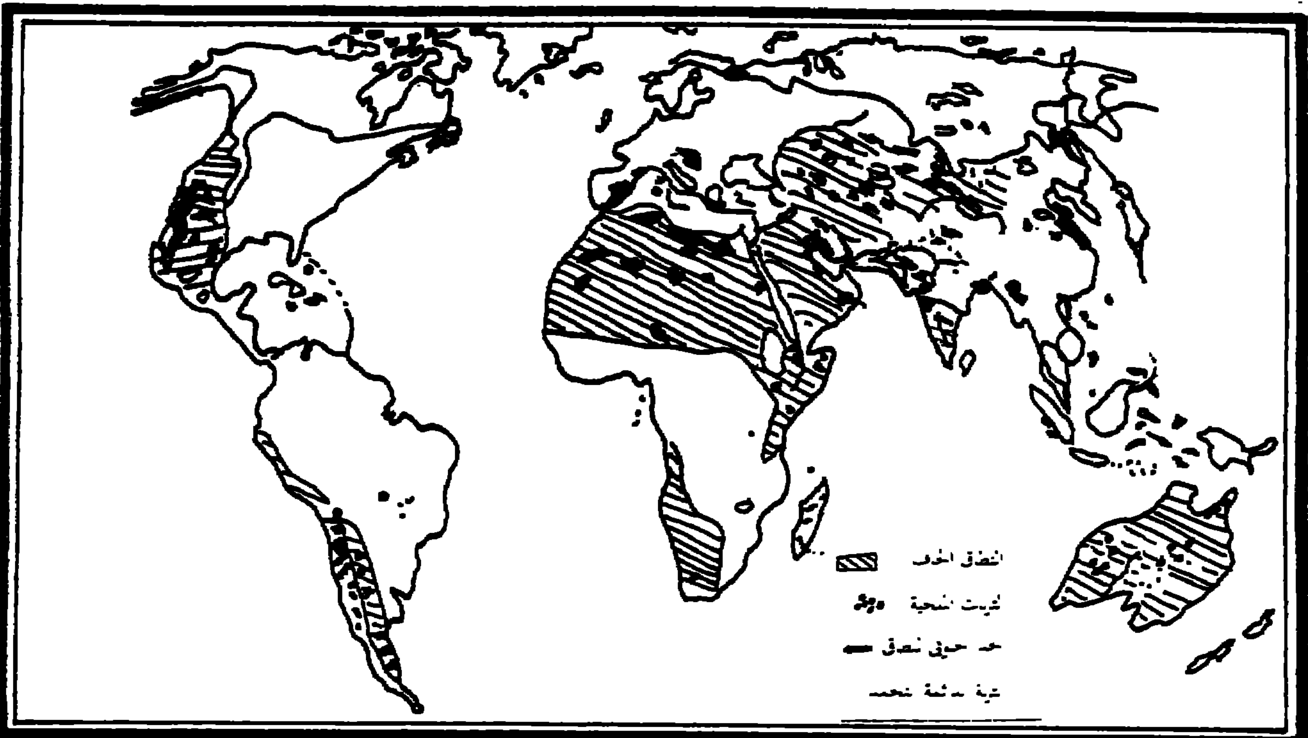
يتدرج المرء من تربه « البدزول المغسولة » فوق الأجزاء المرتفعة والتى تتدرج إلى « تربة البرارى » و « التربة البنية الكستنائية » و « تربة السيروزيم » القريبة من قاع المنخفض الصحراوى فى ظل ظروف يمكن أن تتكون فيها أنماط التربة الإقليمية الحقيقية (شكل ٦) . وعليه فإن منحدرات الأحواض الصحراوية أو منحدرات المناطق الجبلية المرتفعة يمكن أن تعطى إمكانية واضحة للرعى . والزراعة ، وبخاصة إذا كان ممكنا تغيير التصريف الطبيعى لمياه المنحدرات من أجل الأغراض الزراعية .

ماذا إذا عن قيعان الأحواض الصحراوية نفسها ؟ يبدو هنا وجود ميزات واضحة لازدهار الزراعة حيث وجود الإرسابات السميكة والدقيقة الحبيبات والتى ترسبت عند نهايات نظام التصريف النهرى من المناطق المرتفعة المحيطة . غير أن قيعان هذه الأحواض توجد بها التربة المحلية الرئيسية فى كل المناطق الصحراوية ــ التى تعرف باسم Halomorphic Soils وهى عبارة عن ترسيبات سميكة من الصودا وللبوراكس والجير والجبس وكذلك ملح الطعام ، تلك التى تكون البلايات السبخات والشطوط والفلايس Vleis والبحيرات الملحية فى غرب الولايات المتحدة الأمريكية والمكسيك والأراضى الجافة فى كل من أفريقيا وآسيا وأستراليا . وإرسابات على هذا القدر من التركيز فى كميات الأملاح لا يمكن اعتبارها بحق تربات حقيقية ، وعادة ما يقتصر تعبير Halomorphic على الإرسابات الملحية التى يختلط بها بعض الطمى والصلصال . كما توجد مثل هذه التربات الملحية حيث الزيادة فى العوامل المؤدية إلى ظروف التكلس ، فهى فقيرة الصرف ومن ثم يمكن اعتبارها تربة محلية غالبا ما تفتقر إلى القطاع المنتظم للتربة .

وفى الأحواض ذات البلايات ، يمكن الربط بين أسباب التركيز الزائد للأملاح وعمليات البخر من المسطحات المائية ، غير أن االتربات الملحية يمكن أن تتكون أيضا فى ظروف مغايرة وفى مواضع أخرى . فيمكن أن تتكون نتيجة سوء تنظيم مياه الرى وبسبب الاستغلال غير العلمى للأراضى . فالمياه الباطنية الملحية ، والتى وجدت فى كثير من الأراضى الصحراوية فى كل من العالمين القديم والجديد وفى استراليا ، يمكن أن

تصعد إلى سطح الأرض نتيجة لزيادة فى الأمطار أو عن طريق الاستخدام الزائد لمياه الرى (شكل ٧) . كما تخفيض منسوب مستوى الماء الباطنى يمكن أن يترك مستويات عليا للتركيز الملحى فى التربة تكون فى متناول جذور النبات والمحاصيل الزراعية . وعلى العموم فإن كل التربات الملحية تسبب مشاكل خاصة أمام إنتاج المواد الغذائية سواء أكان هذا الإنتاج معيشيا أو تجاريا . وعادة ما يكون التغلب على هذه المشاكل صعبا ما لم يغسل الملح من التربة بالاستخدام الواعى والمنظم لمياه الرى . ويمكن أن تتأثر بعض أوجه الاستغلال الأخرى فى المناطق الصحراوية بالتركيز الملحى فى التربة . فأحيانا يصوق المواصلات وأحياناً أخرى يساعدها . ففى المسطح الملحى العظيم فى الولايات المتحدة الأمريكية ـــ هوامش بحيرة. جريت ـــ ولت فى ولاية يوتا ـــ وفوق المسطح الملحى لهوامش بحيرة إيرى فى استراليا قامت مسابقات السيارات لمعرفة الرقم القياسى للسرعة على الأرض . فى حين أن المسطح الملحى فى منخفض القطارة كان عقبة أمام الحركة الميكانيكية الجيوش فى شمال أفريقيا أثناء الحرب العالمية الثانية . وكان هذا عاملا بيئيا حساساً فى إختيار ميدان معركة العلمين حيث كان الجانبان محميان ـــ بالبحر من الشمال وبالمنخفض الملحى الصعب الأختراق من الجنوب . ولا شك أن أختراع العربات السريعة الحركة على الأرض (Hovercraft) سوف يجعل الأساليب التكتيكية والاستراتيجية فى حرب الصحراء أكثر تعقيدا .

ويمكن تقسيم التربات الملحية إلى مجموعتين رئيسيتين : مجموعة التربات القلوية البيضاء (Solon hak) ، ومجموعة التربات القلوية السوداء (Solonetz) ، وتغطى مثل هذه التربات القلوية من سطح الجمهوريات الروسية وحدها أكثر من ٧٥ مليون هكتار (٣٥ مليون فدان) أى حوالى ٣٫٤ ٪ من المساحة الأرضية ويوجد هناك فى المناخ القارى فى أوربا الوسطى ما يزيد على ٥٠٠ ألف هكتار (٢٠٢٤٢٨ فدان) متأثرة بالأملاح فى السهل المجرى وحده ، كما تحتوى الصين على ٢٠ مليون هكتار (٨٠٩٧١٦٦ فدان) تتصف بدرجة عالية فى الملوحة الأرضية . وهناك مساحات كثيرة بنفس



شكل ٧ : توزيع الترباتُ ملحية :
عن : (Woldstedt. Das Eisseitalter, Fardioand Enke. Stuttgart. and UNESCO.
'Compte rendu des recherches relatives a. l'hydrologie da la zone aride. 1952)

الملوحة فى أراضى البحر المتوسط من العالم القديم وفى الولايات المتحدة الأمريكية وفى استراليا وأفريقيا والهند وباكستان . والتربة القلوية البيضاء فى أراضى البحر المتوسط وفى الأستبس الجنوبية لروسيا . والتى يمكن أن نتناولها هنا كمثل على هذه المجموعة القلوية ، عبارة عن تربة بيضاء ليس لها نظام تركيبى (مقطع للتربة) وتحتوى على كميات زائدة من الأملاح ، غير أنها غنية بالكربونات التى يمكن أن تكون دليلا على أنها تربة إقليمية معدلة عن تربة التشرنوزم والتربة البنية الكستنائية وتربة السيروزيم . وتتباين قيم القلوية « PH » لهذه التربات القلوية البيضاء ما بين (٧) ، (٨٫٥) . وتتكون التربة القلوية السوداء فى ظل ظروف تؤدى إلى إزالة كميات كبيرة من كلوريد الصوديوم بحيث تصبح كربونات الصوديوم هى السائدة ، واللون الأسود مشتق من المحلول الدوبال فى مياه التربة القلوية . كما تختلف التربة القلوية السوداء عن التربة القلوية البيضاء فى أن نظام مقطع التربة يتضح بها ، فتوجد التربة فى أجزاء القطاع العليا على شكل رقائق ثم تتحول إلى النسيج المنشورى والأسطوانى فى أجزائه السفلى . وتؤدى عملية الغسل لكربونات الصوديوم ، تحت تأثير ظروف زيادة الأمطار أو نتيجة عمليات الرى تكوين تربة غير مالحة تعرف باسم (Solod (Soloth . وهذه التربات يمكن أعتبارها نتيجة عمليات طبيعية أو أصطناعية لتقليل ملوحة التربة .

والظروف المناخية والتضاريسية وكذلك أحوال التربة على هذا النحو تظهر الأراضى الجافة على أنها لا تعطى سوى فرصا قليلة للحياة النباتية والمحاصيل الزراعية . وللمشاهد الذى لم يتعود إلا على الأراضى المطيرة يبدو الأمل فى نمو وإدخال وتجمع حياة نباتية فى ظل هذه الظروف المناخية وجفاف التربة معدوما على الإطلاق . ولكن مازال حتى فى المناطق الشديدة الجفاف ذات التربة الفقيرة فى موادها العضوية (الهيكلية) هناك الأمل فى وجود بعض الحياة النباتية التى تتباين فى كثافتها وفى المساحة التى تشغلها تبعا للتباين فى كميات الأمطار من حيث مدة حدوثها ومن حيث الرقعة الأرضية التى تسقط عليها . فحيث تزداد الرطوبة ، تزداد ما تحتوية التربة

من مواد عضوية كما اتضح ذلك من قبل وإن لم تكن هذه الزيادة متمشية طرديا أو بنفس النسبة ، حتى يتكون فى النهاية دوبال حقيقى تحت غطاء الحشائش فى إقليم الاستبس . كيف يمكن للنباتات أن تحيا فى ظل هذه الظروف القاسية من ندرة المياه والفقر المعدنى للتربة والتربات الملحية الصعبة المعالجة ؟ ما هو الميكاليزم الخاص (العملية العضوية) الذى ينبغى أن تتصف به النباتات للتغلب على تلك الصعاب التى فرضتها البيئة ؟ للأجابة على هذه الأسئلة ينبغى أن تتناول الجغرافيا الحيوية للأراضى الجافة من حيث الحياة النباتية أولا ، ثم بعدئذ من حيث الحياة الحيوانية التى هى انعكاسية للحياة النباتية . فالحياة النباتية ، والحيوانات العاشبة (آكلة العشب) والحيوانات اللاحمة (آكلة اللحوم) تعكس البيئات المختلفة فى الأراضى الجافة وسوف تلقى بعض الضوء أو تصنع علامات على الطريق المؤدى إلى استغلال هذا الثلث الجاف من يابس الكرة الأرضية .

الفصـــل الرابــع

الجغرافيا الحيوية للأراضى الجافة

الحياة النباتية .

الحياة الحيوانية .

الجغرافيا الحيوية للأراضى الجافة

لاشك أن البيئة الأراضى الجافة تكتسب دلالتها الواضحة فى مجال الجغرافيا الحيوية — من طريقة حياة وتكاثر وعدد الفصائل النباتية والحيوانية . وتشتمل هذه البيئة الصحراوية على عناصر المناخ وأشكال السطح وأنواع التربة — يعدل كل منها فى الآخر ويصعب تفسيراً كاملا إلا إذا اعتبرت هذه العناصر كلا لا يتجزأ . ويعتبر دور الحياة النباتية فى إطار هذه الوحدة على قدر كبير من الأهمية . ذلك لأنها جزء من البيئة الكلية ، ولهما من العلاقات المتداخلة مع كل من المناخ والجيومورفولوجية وعلم التربة ما يجعل اعتبار أحدها منفصلا عن الآخر غير ذى معنى ؛ هذا من ناحية أخرى لأن الحياة الحيوانية ومعظم النشاط البشرى فى الصحارى يعتبر مرآة للحياة النباتية .

ولقد سبق الحديث عن قدرة النبات على تعديل المناخ المحلى ، كما أن له دور فى حماية سطح الأرض من فعل الأمطار الإنهارية ؛ وأهم من ذلك فإنه يعمل على تماسك التربة والفتات الصخرى على المنحدرات فيقلل بذلك من عملية الانهيارات الأرضية . وعلى أى حال فإنه من المحتمل ألا يوجد جزء من البيئة الكلية يمكن أن يحدث به تعديل سريع وسهل بالتغيرات المناخية سواء القصيرة أو الطويلة المدى . كما أنه ليس هناك آخر من سطح الأرض فى هذه البيئة يمكن أن يتغير بسهولة الإنسان وحيواناته ، كما يحتمل أيضا ألا يكون هناك عنصر بيئى يمكن أن يحدث تغيرات سريعة فى ملامح الصورة الأرضية وقدراتها الكامنة . والآن وبسبب هذا التداخل للعناصر البيئية المختلفة فإن أى تغير ولو طفيف فى أحد هذه المكونات سيؤدى إلى سلسلة من ردود الفعل التى مع مرور الزمن ينتج عنها إعادة ترتيب الكل ليعطى استقرارا مؤقتا قبل أن تبدأ مجموعة جديدة من التغيرات .

وليس أمام الإنسان فى الوقت الحاضر إلا القليل مما يستطيع عمله فى مجال ما يسمى « بالهندسة الجغرافية » . إذ ليس عليه سوى أن يتذكر هذه الخطط الطموحة

للمهندسين السوفيت من أجل المحافظة على مستوى مياه بحر قزوين الآخذ فى التناقص والإنكماش . فهم يهدفون إلى زيادة نصيب ما يصرف من مياه نهر الفولجا إليه وذلك بتحويل منابع نهرى Pechora , Vychegd اللذان يتجهان نحو المحيط المتجمد الشمالى إلى نهر كاما Kama رافد نهر الفولوجا . كما يندرج تحت هذه الخطط محاولات إسقاط المطر صناعيا ، وكذلك تعمير الأراضى الجافة . غير أنه مازالت هناك مجتمعات ذات مستوى تكنولوجى منخفض سواء فى الماضى أو فى الحاضر تسبب أهلها دون وعى منهم بتدمير وتعديل الحياة النباتية ، فى إحداث مشاكل جيومورفولوجية فتجددت عمليات النحت والإرساب . ويمكن أن يحدث هذا فى كل الأقاليم المناخية ، غير أن القليل من سطح الأرض تكون فيه هذه التغيرات على درجة من الأهمية مثل ما هى عليه فى الأراضى الجافة .

ومن كل هذه الاعتبارات يستحق النبات والحيوان فى الجهات الصحراوية دراسة تفصيلية . فكلما ازدادت معرفتنا عن ملاءمة النباتات والحيوانات للظروف المناخية الجافة ، كلما كان ممكنا التوصل إلى إنتاج محاصيل زراعية تناسب ظروف الجفاف . كما أنه كلما كثرت معرفتنا بفسيولوجية النبات فى الأراضى الجافة ، كلما عظمت إمكانيات تربية لنبات على نطاق واسع فى المناطق الجافة أو فى المناطق ذات المياه الجوفية الملحية . فربما توجد الآن أجيال من بنى البشر وأنماط من الذكور والإناث الذين تختلف وظائفهم الفسيولوجية عن هؤلاء الموجودين فى المنطقة المدارية المطيرة . فهل صحيح أن « ساكن الصحراء الحقيقى له عيون رمادية أو زرقاء خفيفة ، وأن العضلات التى تتحكم فى إنسان العين قد تطورت لدرجة أن إنسان العين هذا يمكنه البقاء ثابتا دون أن يناله الكلل » (١) ، أو أنه يفضل أن يضع على عينيه منظار الوقاية من الشمس نمط (Afrika Korps) إن كان متوفرا ؟ وإن كانت معظم مشكلات

---

(1) Erle Stanley Gardner, The Desert is Yours (London, 1966) p. 37

الحياة فى أراضى الصحراء والاستبس لم تجد لها حلولا مريضة حتى الآن ، إلا أن أبحاث المناطق الجافة المتزايدة والتى تمولها الأمم المتحدة ، قد وضعت فى بعض الأحوال هذه المشكلات فى إطارها الواضح أكثر مما كانت عليه قبل بداية الحرب العالمية الثانية وأصبح فى متناول اليد تطبيق الأبحاث البحتة فى الوقت الحاضر .

الحياة النباتية :

هناك عديد من المشكلات المرتبطة بنمو وتكاثر النباتات فى الأراضى الجافة إذ لا بد لها أن تحيا فى ظروف غير مستقرة لموارد المياه ، كذلك فإنها لا تتمتع بفرص كبيرة لتغيير بيئتها المحلية حتى تناسب متطلباتها الفسيولوجية كلما تزايدت درجة الجفاف . وكلما كان الغطاء النباتى مبعثرا ، فقد النبات حماية جيرانه ويصبح بهذا غير مترابط ، وقائم بمفرده . ويعد العنصر المناخى للبيئة فى أجلى تطرفه ـــ حيث تكون درجة الحرارة اليومية عالية للهواء والتربة (فى منطقة نمو الجذور) وحيث تصل إلى أدنى درجة لها فى فصل البرودة ليلا (حسب موقعها بالنسبة للدائرة العرضية ، وحسب أرتفاعها) ـــ فتصبح بذلك بالغة التأثير على حياة النبات . وتعتبر معدلات البخر بعملية النتح مرتفعة ، وتزاداد المحتويات المعدنية للتربة وتقل المحتويات العضوية بها ، كما تنقص الرطوبة التى تمكن النبات من الحصول على المواد الغذائية ، كذلك فإن نسيج التربة ، الذى يكون النبات حساسا بالنسبة له ، غالبا ما يكون أكثر نفاذية . وربما يتغير بسرعة فى مسافات قصيرة ، تماما كما يحدث لرطوبة التربة التى تعتمد على أتساع المسام . وبالاضافة إلى ذلك فإن بعض تربات الأراضى الجافة ترتفع بها كميات الأملاح .

وعلى ذلك فإن الجزء الأكبر من الأراضى الصحراوية تغطيه النباتات المقاومة للجفاف من نوع « الزيروفيت Xerophytes » والتى لها القدرة على تنظيم دورات حياتها لكى تتناسب مع ظروف الجفاف التى تختلف فى طولها فى مناطق الرطوبة النسبية المنخفضة ومعدلات عالية للبخر النتحى فى التربات الكلسية ذات الرطوبة القليلة . وغالبا ما تكون طبقة ما تحت التربة والتى فى متناول جذور النبات باستمرار . وحتى

يمكن للنبات العيش فى ظل ظروف الجفاف هذه ، فإن النباتات التى يفترض أن أصولها الأولى كانت فى مناطق مدارية ، لابد لها من بعض وسائل الملاءمة بتطوير وظائفها العضوية حتى يمكن مقاومة الحرارة والجفاف . وعلى أيه حال فليست كل النباتات فى الأراضى الجافة من النو ع المقاوم للجفاف . فالبعض يتمكن من البقاء لأنه قادر على تجنب ظروف الجفاف ، والبعض الآخر يقوى على تجنب التركيزات الكبيرة للأملاح فى بعض تربات الأراضى الجافة . وكلا النوعين من النباتات الصحراوية : المقاوم منها للجفاف والمتحايل منها على الجفاف والملوحة مازال لهما عدو رئيسى واحد يناضلان ضده ألا وهو حيوانات الرعى التى ترعى عليها والإنسان الذى يحرقها طلبا للوقود أو يزيلها من أجل الزراعة . غير أن الطبيعة قد حبت تلك النباتات بخصائص شوكية أو سامة كوسيلة تدافع بها عن نفسها .

وليست النباتات المتحايلة على الجفاف بنباتات صحراوية حقيقية ذلك لأنها تلائم دورات حياتها بالفترات التى تكون فيها الرطوبة ممكنة أو موجودة . وتتميز بعض نباتات الصحارى بدورات حياة غاية فى القصر مثل نبات Boerhavia repens فى الهوامش الجنوبية للصحراء الكبرى والذى لوحظ أنه يزهر ويموت وينثر بذوره فى مدى ثمانية أيام فقط ، وذلك عندما تتاح له الرطوبة واليوم . واحد ، أى فى ظل ظروف أشبه جافة mesophytic أكثر منها ظروف تامة الجفاف xerophytic . وتعتبر هذه النباتات سريعة الزوال نباتات وحشائش حولية ، توجد أساساً فى أقاليم المناخ الأقل جفافا ذات الأمطار الموسمية الصيفية أو الشتوية . وتوجد مثل هذه الحوليات الصيفية والشتوية فى صحارى الماجوف Majove والكلورادو فى الولايات المتحدة الأمريكية ، وفى الهوامش الشمالية والجنوبية للصحراء الكبرى . وتبقى البذور فى طور السبات بعد تبعثرها وإنتشارها ، وقد تمتد فترة السبات هذه فى بعض الأحيان خلال الفترة المطيرة التالية ، وهذا يؤكد الفكرة القائلة بأن البذور يمكن أن تبطىء من نشاطها الحيوى حتى تتاح الظروف لدورة حياة كاملة ومؤكدة . وهناك بالإضافة إلى ذلك أنواع أخرى من النباتات

الصحراوية مثل الشجيرات الملحية (Atriplex) التى تنثر نوعين من البذور ينبتان بعد فترات مختلفة الظروف من حيث الوقت والرطوبة والحرارة . وتستفيد النباتات المتجنبة للجفاف إستفادة أقتصادية من مورد الرطوبة المحدود فى التربة حيث أن متطلباتها من الرطوبة تكون قليلة (إن أكثر البذور نجاحا فى الأراضى الجافة هى التى تتميز باستهلاك قليل من المياه مع دورة حياة قصيرة) ، وتتبعثر تبعثرا واسعا حتى تتجنب المنافسة على مياه التربة . وهذا الإنتشار النباتى الذى تتميز به الأراضى الصحراوية ، قد يتيح الفرصة لوجود رقعات نباتية كثيفة تتميز بأعداد عظيمة من الفصائل النباتية المختلفة وذلك حيث يتوفر مورد غنى للمياه كما هى الحال فى بطون الأودية . غير أن ، هذه المناطق لسوء الحظ ، تعتبر الأراضى التى يتكاثر فيها جراد الصحراء . كذلك فإن البناتات المتجنبة للجفاف لها مجموعات جذرية تتميز بكبر حجمها بالنسبة للسيقان والأوراق التى تكون صغيرة جدا ـــ وفى الحقيقة فإن عملية التبخر من الورق قد تستبدل بجذع تقل عن طريقه عملية التبخر أيضاً ولكنه لا يقوى على حيوانات الرعى .

وتساعد حيوانات الرعى مثل الجمال والتياتل والغزلان والمعز والأغنام على أنتشار بذور النباتات فى أوسع رقعة ممكنة لكى تتيح أحسن الفرص لإيجاد ظروف بيئية مناسبة للانبات . وتساعد الأشواك والأغلفة السميكة على البذور والثمار على التعلق بأرجل الحيوانات وما يغطى أجسامها من شعر أو وبر أو صوف . فلقد ذكر أن بعض أشكال النباتات من فصيلة (Kochie) لم تكن معروفة من قبل ولكنها تنمو الآن بوفرة فى هوامش الصحراء الليبية حيث حملتها إلى هناك أحذية الجنود الاستراليين فى الحرب العالمية الثانية . ويتضح ميل بعض النباتات الصحراوية التى تتصف بخاصية نشر بذورها لمسافات طويلة لما تتميز به بعض هذه النباتات وثمارها من ميزة التدحرج ، مثل «Rose of Jericho» (Anastatica hierochuntica and Astericns Pygmseus) .

وهناك طرق أخرى فى نشر البذور تلعب فيها الرياح دورا كبيرا وتمنح بذلك فرص النمو والتكاثر فى أحسن الظروف الملائمة .

هذا وتمتلك الأشجار ، والنباتات ، والحشائش الدائمة التى من فصيلة النباتات المقاومة للجفاف وسيلتين رئيسيتين لمقاومة هذا الجفاف فبعضها قادر على أحتمال الجفاف ، ويمكن أن يستمر حياً فى فترات الجفاف الطويلة مثل شجيرات الـ Creosote (Larrea divaricata) فى الأراضى الجافة فى أمريكا الشمالية وذلك عن طريق اجتيازهـا فترات الرطوبة المنخفضة أثناء مراحل الإنبات . ثم يستمر النمو بعد ذلك عندما يمكن الحصول على المياه مرة أخرى ، وذلك على الرغم من أن النبات يبدو مكفهرا فى الفترة الفاصلة بين الجفاف والحصول على المياه كما لو كان ميتا . وتعد الفطريات والطحالب من النباتات القادرة على احتمال الجفاف ، غير أن القلة من النباتات الصحراوية هى التى تقع ضمن هذه الفصائل النباتية . وكثير من النباتات المقاومة للجفاف قد طورت عملية مقاومتها له بالتقليل من النتح عن طريق الأوراق ، وذلك بواسطة غطاء كثيف من الشعر ، أو بغلق المسام التى تساعد على عملية النتح وكذلك نفض الأوراق فى بداية فصل الجفاف . وهناك غير هذه الأنواع من النباتات ما تملك نفس التركيب لتقليل الفاقد من المياه ولكن قد يختزن الماء فى الأوراق والجذور والسيقان . وتعد هذه النباتات الصحراوية كثيرة العصارة مثل الصبار والتين الشوكى .

وتفادى الجفاف أو التحايل عليه أو مقاومته تعتبر إذن خصائص نباتات الزيروفيت ، غير أن النباتات فى الأراضى الجافة ينبغى أن تكون قادرة كذلك على التغلب على تركيزات الأملاح العالية فى التربات القلوية البيضاء والتربات القلوية السوداء (أنظر صفحة ١٤٠) . وللنباتات الصحراوية المقاومة للجفاف القدرة على مقاومة الآثار السامة الناتجة عن ملوحة التربة والمياه الجوفية . فلقد طورت صفة احتمالها بحيث يمكنها البقاء والعيش مع ارتفاع المحلول الملحى فى خلاياها ؛ كما يمكن للبعض الآخر من هذه النباتات أن يتلخص مما بها من أملاح . وبالأضافة إلى ذلك هناك النباتات التى يمكنها تجنب التأثير الملحى الضار بتنظيم دورة حياتها بحيث تنفق والفترة التى تكون فيها نسبة الرطوبة عالية فى التربة الأمر الذى يترتب عليه قلة التركيزات الملحية . وتعد استجابة

مثل هذه النباتات لظروف الملوحة العالية ذات أهمية واضحة للمزارع فى الأراضى الجافة .

وتعد هذه الملاءمة للجفاف بالنسبة للنباتات فى الأراضى الجافة ، من ثم ، مظهر الارتباط غاية فى التعقيد فسيولوجيا وتشريحيا ، والذى يعد ما سبق ذكره موجزا مبسطاً له . ويوضح الوصف العام للحياة النباتية فى الأراضى الجافة أنها تعتبر فقيرة فى أنواعها التى تتكون أساساً من نباتات متفرقة تنمو متقاربة من بعضها كلما تزايدت الرطوبة موسميا أو سنويا . وحتى يمكن لهذه البناتات التحايل على التربات الصحراوية والجفاف الجوى فإن مساحة سطح أوراقها يكون صغيرا بمقارنته مع مساحة سطح جذورها التى تخترق التربة إلى أعماق بعيدة والتى تمتد جانبياً لمسافة كبيرة بحثا عن الرطوبة . كذلك فإن سيقانها تكون قزمية وغالباً ما تكون محمية بواسطة لحاء فلينى حتى يمكنها التقليل من عملية النتح . وفى المناطق الصحراوية الشديدة للجفاف تتكون الحياة النباتية على شكل أكمات منعزلة تفصلها عن بعضها عدة أمتار . ولكن حيث تزداد الرطوبة فى الهوامش الانتقالية تبدأ الحشائش فى الظهور تدريجيا مع الأمطار الموسمية ، ويتحرك المرء خارجا من الصحراء الحقيقية إلى نطاق الاستبس أو شبه الاستبس ، ثم إلى ذلك الجزء الكبير من الأراضى الجافة والذى قد يشغل ٤/٥ المساحة الكلية للنطاق الجاف والذى وإن كان يطلق عليه دون تحفظ علمى اسم الصحراء إلا أنه فى حقيقته نطاق استبس (كما هو الحال فى صحراء أمريكا الشمالية) . ومن الواضح أنه لم تكن هناك دقة فى أختيار مثل هذه المسميات ، غير أن علماء الجغرافيا الحيوية وعلماء الفصائل النباتية يرون فى المقاييس الكمية المتصلة بالجفاف شرطاً أساسياً وضرورياً من شروط دراسة الأراضى الجافة .

وتوجد فى بعض مناطق الأراضى الجافة أنماط واضحة من نباتات الاستبس ففى الصحراء الكبرى وصحراء شيلى وصحراء النفود بالجزيرة العربية توجد مناطق غاية فى الجفاف تمثل الصحراء الحقيقية والتى تقف حتى اليوم فاصلا إن لم تكن حاجزا متصلا بين نباتات الهوامش

الممطرة صيفا وتلك الممطرة شتاء . غير أن صفة الفصل هذه ليست واضحة فى الأراضى الجافة فى الجنوب الغربى الأمريكى . فهناك الاستبس الشجيرى الشمالى يختلط فى المنطقة الوسطى باستبس السنط الجنوبى ، غير أنه فى الجنوب يسود نبات الصبار بدرجة كبيرة والذى لا يعد نبات رعى الحيوانات . ويعتبر الصبار اللاأشواكى Spineless Cactus المتطور نتيجة النمو الاختيارى نباتا تجريبيا أكثر منه نبات فى بيئيه الطبيعية .

الحياة الحيوانية :

تعتبر خاصية الإنتشار لبذور بعض نباتات الأراضى الجافة دليلا على أهمية الحركة والتنقل التى تؤمن بقاء الأنواع المختلفة من هذه النباتات . أما بالنسبة للحيوانات فتتمثل هذه الحركة من جرى وقفز أحسن تمثيل فى الغزال (الذى كانت متابعته الدافع الرئيسى للمحاولات الأولى لاستخدام السيارات فى المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية) ، والتيتل والكانجارو . أما الثدييات الضخمة الحجم فإنها تعتبر نادرة نسبيا فى المناطق الصحراوية وإن كانت أكثر شيوعا فى المناطق شبه الجافه . وقد استطاعت هذه الحيوانات العيش لما تتصف به من السرعة التى تمكنها من الوصول إلى موارد المياه والإستفادة من الحشائش التى تنمو عقب سقوط الأمطار . وقد استطاع الإنسان صيد هذه الحيوانات منذ عصور ما قبل التاريخ ، كما توضح ذلك الرسوم الموجودة على صخور التبستى . غير أن عملية الصيد لا تفى بحاجة مجموعات كبيرة من سكان الصحارى حتى ولو تعلم الإنسان تسليح نفسه بالمقاليع والسهام لكى يعوضه النقص فى سرعته وتحمله مطاردة هذه الحيوانات لمسافات طويلة . ولقد كانت هناك لحسن الحظ ثدييات بطيئة الحركة — السائرة — التى أمكن للإنسان أن يتحكم فيها وأن يستأنسها . وتتمتع مثل هذه الحيوانات كالجمال والأغنام والماعز والماشية بخصائص تمكنها من البقاء فى ظل ظروف الجفاف ، على الرغم من أنها فى حاجة إلى المياه سواء من الينابيع أو عن طريق النباتات التى تقتات عليها بصورة منتظمة . ولا

شك أنه بدون اعتماد مثل هذه الحيوانات العاشبة على النباتات ، لما كان هناك تطور فى نمط الحياة الرعوية ، ولما كان هناك تعايش بين الصحراء والواحة ولانضال بين الاستبس والزراعة . كذلك فإنه لمن الواضح أن أراضى الصحراء وشبه الصحراء تقل بها الحيوانات الضارية وذلك لقلة الحيوانات التى يمكن أن تتغذى عليها . كما أن رعى القطعان يصبح غير ممكن إذا كانت هناك سباع ونمور تهدد هذه القطعان فى تلك البيئة .

وتتمتع حيوانات العدو والقفز فى الصحارى بقدرتها على البحث عن المياة لمسافات بعيدة ، وهى بذلك تكون أقل تمثيلا لحيوانات الملاءمة مع الجفاف عن الحيوانات بطيئة الحركة الفقارية واللافقارية صغيرها وكبيرها . وتعتمد الثدييات الصغيرة والطيور والحشرات والزواحف على بيئتها المحليه بل وتتلاءم معها . ويعتبر الذباب الذى يعيش فى الواحات أكثر من أى منطقة صحراوية أخرى وبخاصة فوق تمار البلح التى تجفف على أسطح المنازل فى تلك الواحات ، والذى يتبع المتنقل من واحة إلى أخرى على هيئة أسراب ، من العوامل المسببة لمشكلات صحية فى تلك البيئة الصحراوية . كذلك فإن الزواحف التى تعيش فى المناطق الصحراوية الشديدة الجفاف قد تكون سامة للانسان والحيوان غير أنها أقل خطراً عما هو شائع ومعروف ، إذ يصبح اللهو بالسحالى الغريبة على جدران المنازل وسيلة مداعبة مريحة تبدد قسوة الحياة الصحراوية الرتيبة . ولقد أوضح ديزنى Disney أنه حتى العقرب يمكن أن يكون وسيلة تسلية . وعلى النقيض من ذلك يعد الجراد دون شك أعظم فى تلك البيئة حيث أنه المستهلك للنباتات الخضراء ، وأنه بقدرته على الحركة يمكن أن يحتمل معه الدمار الهوامش الزراعية فى الأراضى الجافة .

وتعكس الحيوانات التى تعيش فى الشقوق الصخرية وفى الكهوف والحفر التى تحفرها فى التربات الهشه تجنبا للحرارة والجفاف أول صورة من صور التلاؤم للحياة مع تلك البيئة الصحراوية الجافة . وتعتبر الحيوانات الحفارة واسعة الانتشار فى الاراضى الجافة

حيث تتغذى على جذور النباتات وعلى الحشرات . وتتمثل هذه الحيوانات فى الجربوع (فأر الصحراء) والجرذان والأرانب وحتى الطيور . وتستطيع هذه الحيوانات بخاصية الحفر هذه أن تخلق مناخها الخاص بها بعيدا عن حرارة الهواء المرتفعة أثناء النهار وكذلك حرارة التربة السطحية . وتعد حيوانات كالكنجارو والجربوع من الحيوانات الليلية التى تمضى نهارها تحت الأرض فى بيئتها الخاصة حيث تكون الرطوبة أكثر منها فى الهواء الخارجى بما يزيد على خمس مرات . وتتوازى مثل هذه الدورة الليلية النهارية للحياة عند بعض الفصائل الحيوانية مع الدورة الفصلية عند البعض الآخر . وتماما مثل بعض الحيوانات القطبية ، وحيوانات البيات الشتوى فى المناخ القارى القارس نقضى بعض حيوانات المناطق الحارة الجافة البيات الصيفى خلال أكثر فصول السنة حرارة وذلك حتى تقلل من حرارة الجسم ومعدل التنفس والعرق والحاجة للغذاء والماء . فتصبح بذلك فى فترة سبات أكثر منها فى فترة سكون . ولا تظهر بعد ذلك إلا عندما تكون ظروف الحرارة والرطوبة مناسبة لتكاثر واستكمال دورة حياتها . وبطبيعة الحال فإن النتيجة الطبيعية لهذه الملاءمات هى أن الحياة الحيوانية التى تشاهد فى الأراضى الجافة تختلف بين النهار والليل وبين الموسم الحار والموسم المعتدل أو البارد .

ولقد لوحظ من قبل أن بعض أنواع النبات إتتغلب على ظروف الجفاف والحرارة عن طريق ألحية سميكة لتقليل النتح . وشبيه بذلك أنواع كثيرة من الحيوانات فى الأراضى الجافة والتى اكتسبت نظاما مماثلا — مثل تكون بالأطراف الواقية كما هو الحال القوقع الصحراوى الحلزونى أو فى صوف أغنام المارينو . ويساعد الفراء أو الصوف أو الشعر على حماية الحيوانات من حرارة الجو المرتفعة كما يقلل من العرق . ولقد أوضحنا سابقا أن لبعض النباتات دورات حياة قصيرة لكى تستفيد من ظروف البيئة المناسبة والمؤقتة . وفى عالم الحيوان يملك النحل والزنابير والعناكب مثل هذه الخاصية ، كذلك يعتمد الجراد على الاستفادة من الظروف المؤقتة . ففى المساحات غير المزروعة يتغذى الجراد على الحشائش التى تنمو عقب سقوط الأمطار وإلى حد ما على الشجيرات

القصيرة . وطالما كان الجراد ذا آثار مدمرة فى استغلال الأراضى الجافة فى العالم القديم وفى استراليا فإنه ينبغى دراسة طبائعه بشىء من التفصيل .

وليس الجراد من حيث تركيبة الفسيولوجى ملائما لظروف الجفاف ، إذ يعد من الكائنات المتحايلة عليه والتى تتطلب قدراً من الرطوبة لدورة حياتها القصيرة ، كما ويعتبر من الحيوانات التى تحافظ على بقائها بقدرتها على الترحال . ولربما يكون من المستهجن القول بأن محاولات ترطيب التربة بواسطة الرى قد زادت من رقعه الأراضى الصالحة لتوالد أسراب الجرادوتقليل إنتاجية المحاصيل التى استخدم الرى أساسا كوسيلة لزيادتها ومثل الجراد كمثل البعوض الذى يعتبر مضايقا لساكنىالواحات، وعلى الرغم من أن الرياح هى التى توجه أسراب الجراد إلا أن نظام الرطوبة يتحكم فيها إلى حد كبير . وتعتبر أسراب الجراد على درجة كبيرة من الحساسية بالنسبة التباين فى كميات الأمطار واتجاه الرياح وسرعتها ، وكانت الظروف المتيورولوجية الموجهالأساسى لإغارات أسراب الجراد فى الماضى . ففى الوقت الذى أقفرت منه بعض المناطق قد نجده فى مناطق أخرى نظرا لوقوعها فى نطاق ضغط منخفض نتجت عنه أمطار وحشائش فجلبت إليها الرياح الهابة صوبها أسراب الجراد . وعلى أية حال فقدتمت السيطرة فى أفريقيا على نوعين من أخطر أنواع الجراد هما « البحر الأحمر Red Locust » والجراد الأفريقى المهاجر African Migratory Locust ، وذلك لأنه أمكن تحديد مناطق توالدها واتخذت الاحتياطات لمنع انطلاق أسرابها .

وعلى النقيض من ذلك فإن الجراد الصحراوى (Scistoceria gregarla) كان من الصعب السيطرة عليه . فلقد كانت هناك موجات متتالية من أسراب الجراد فى صحارى العالم القديم فيما بين المحيطين الأطلسى والهندى فى العشرين سنة الأخيرة . وتوضح البيانات الشهرية التى ينتشرها مركز أبحاث مكافحة الجراد ، أن الجراد الصحراوى يتوالد فى منطقة تسقط عليها الأمطار فى أواخر الشتاء وأوائل الربيع فى الهوامش الصحراوية المتاخمة لإقليم البحر المتوسط من صحارى العالم القديم . ففى

ذلك الوقت تنمو الحشائش قصيرة العمر التى يتغذى عليها الجراد . وعندئذ تضع الإناث بيضها الذى يتطلب رطوبة عالية والذى يناسبه بصورة أفضل وجود طبقة رملية سطحية جافة فوق طبقة رطبة . ومن ثم تتوافق منطقة التوالد مع حزام أمطار أواخر الشتاء وأوائل الربيع فى شمال أفريقيا وسواحل البحر الأحمر وشمال شبه الجزيرة العربية عمر إيران حتى باكستان وشمال غرب الهند . وفى فصل الصيف تهاجر أسراب الجراد التى توالدت فى تلك المناطق الشمالية جنوبا عبر الصحراء الكبرى ثم تتجه شرقا حتى تصل باكستان . وعلى أساس جغرافى حيوى يتوقع المرء وجود منطقة تغذية وتوالد متوافقة مع الهوامش الصحراوية ذات الأمطار الصيفية فى الأقاليم شديدة الجفاف . تتمثل بحق فى حزام يشغل منطقة الساحل الصومالى والسودان ويمتد داخل جنوب شبه الجزيرة العربية حتى باكستان . وفيما بين هذين الحزامين الرئيسيين يهاجر الجراد وتتحكم فى هجرته الأمطار الفصلية فى هوامش البحر المتوسط وفى إقليم السفانا (شكل ٨) . وقد يحدث اضطراب فى نمط التوالد والهجرة نتيجة التباين الكبير فى سقوط الأمطار على تلك المناطق .

ويعد هذا النسق فى الوقت الحاضر معتقداً وذلك نتجية التحكم بواسطة المبيدات الحشرية فى مناطق التوالد . وغالباً ما تشير الدراسات الجغرافية المقارنة مكاناً وزماناً إلى أن المبادرة فى علاج مشكلة استغلال الأرض فى بيئة مالا تتأتى إلا عندما تحل بها كارثة إقتصادية أو طبيعية أو كلتاهما فى بلد أو منطقة ما وتكون مواردها الإقتصادية كبيرة بالنسبة الأضرار التى لحقت بها . ونورد هنا مثالا ، أنه فى شتاء ١٩٥٤ ــ ١٩٥٥ دمرت أسراب الجراد ما قيمته ٤٫٥ مليون من أشجار الموالح فى المغرب . وتم فى أواخر الخمسينات وأوائل الستينيات رش المبيدات الحشرية من الجو وذلك ضمن برنامج أرضى جوى متقن . فلقد استخدم فى موسم واحد ١٩٥٩ ــ ١٩٦٠ ما يربو على ٣٤٠٠ طناً من المبيدات الحشرية فى مناطق التوالد الشتوى فى المغرب ، وعلى إمتداد الواحدت السياسية فى شمال وغرب أفريقيا فى ذلك الوقت ، وفى الصحراء الفرنسية آنذاك أو

المناطق التى ترتبط معها إقتصادياً فى الجنوب .

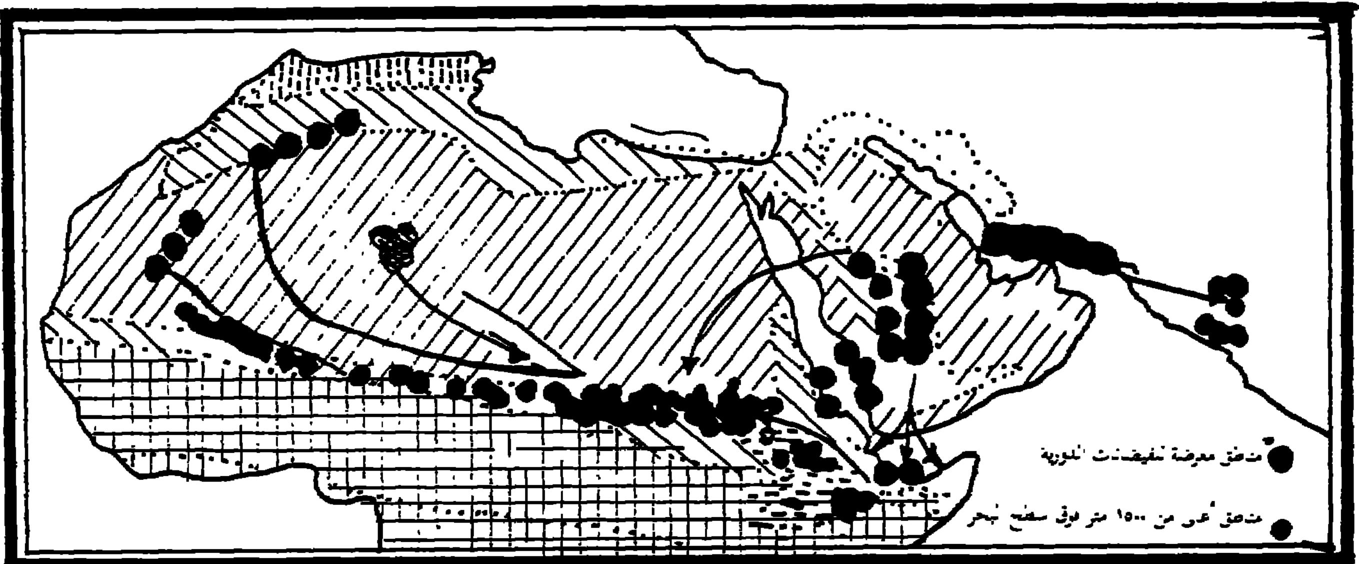
أما ناحية الشرق فقد عاق تعدد الوحدات السياسية والتخلف الإقتصادى البين إدخال مثل هذه الوسائل حتى عام ١٩٦٢ عندما قامت منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة (الفاو ـ F.A.O) بشن حملة شاملة ومركزة بدأت بمبلغ ٣٫٥ مليون جنيه واشتملت على أبحاث عن بيئات الجراد التى سبق ذكرها والتى تتوافق مع مناطق وضع البيض التى تكون كمية الرطوبة بها ملائمة لنمو نباتات شجيرية مثل قيعان الأودية ومناطق التصريف الداخلى والمراوح الإرسابية والمجارى المائية الدائمة أو المؤقتة ولسهول الفيضية . وتمثل هذه المناطق بيئات محلية فى نطاق البيئة الشديدة الجفاف ، على هيئة جزر ومسالك بيئية أكثر ملاءمة لحرفة الرعى والزراعة المعيشية المستقرة أو المحصولية التجارية . وتسهم قدرة الجراد على الحركة فى انتقال أسرابه من الجزيرة لأخرى حسب أتجاه الرياح والأمطار . وأنها لتلك القدرة تتطلب تعاوناً دوليا شأنها فى ذلك شأن ما يتطلبه نهر دائم يجرى فى الأراضى الجافة من تعاون دولى إذا ما أريد استغلال مياهه للرى استغلالا سليما .

وتحت وطأة الوباء تحقيق التعاون فى مواجهة الجراد إلى حد ما ، فما زالت منظمة الأغذية والزراعة تصدر تحذيرات جديدة عن أسراب الجراد فى إيران وباكستان وجبال الأطلس . وبذلك يمكن للزراع المعيشيين أو الرعاة أو المزارع الصغير فى كل من إيران وباكستان الغربية أو فى المنطقة الجافة من الهند أن يتلقوا وسيلة تحميهم من المجاعة والهلاك كنتيجة للأساليب التى اتخذت شكل ٨ ـــ مناطق توالد وهجرة الجراد الصحراوى فى فصلى الشتاء والصيف ، ١٩٦٨ . (أعتمت هذه الخريطة على :

Trewarths, An Introduction to Climate, Mc Graw-Hill .

وكذلك على بيانات من مركز أبحاث مكافحة الجراد الصحراوى ، لندن

Anti Desert Locust Research Information Centre, London .



شكل ٨ : مناطق توالد وهجرة الجراد الصحراوى فى فصلى الشتاء والصيف ١٩٦٨

والتوافق الملحوظ أو الواضح بين توزيع ١٩٦٨ والأقاليم (النطاقات) المناخية لكوين جاء مصادفة ؛ ولكنه على أية حال يعطى الصورة العامة .

الدليل :

Am ــ مناخ الغابات الاستوائية المطيرة .

Aw ــ مناخ السفانا المدارى .

BS ــ مناخ الاستبس .

BW ــ المناخ الصحراوى .

Cw مناخ دافى ذو شتاء جاف (موسمى وسفانا المرتفعات) .

Cs ــ مناخ دافىء ذو صيف جاف (بحر متوسط) .

إختصارات إضافية

أنواع مناخ A :

W ـ قيمتن واضحتان للمطر يفصلهما فصلان جافان .

i ـ مدى حرارى بين أدفأ شهر وأبرد شهر أقل من ٥ مم (٩°ف)

أنواع مناخ B :

h ــ متوسط حرارى سنوى أكثر من ١٨°م ٤ر٦٤°ف) .

s ــ جفاف صيفى تكون كمية أمطار أغزر شهر شتاء ثلاثة أمثال كميتها فى أجف شهر صيفا على الأقل .

w ــ جفاف شتوى ؛ تكون أمطار أغزر شهر صيفا عشرة أمثال أجف شهر شتاء .

k ــ متوسط حرارى سنوى أقل من ١٨°م (٤ر٦٤°ف) :

أنواع مناخ C :

s ــ صيف جاف ؛ تكون كمية أمطار أغزر شهر شتاء ثلاثة أمثال أجف شهر صيفا على الأقل ، أو تكون كمية المطر أثناء أجف

شهر صيفا أقل من ٣٠ ملليمترا (١٫٢ بوصة) .

a ــ صيف حار ؛ متوسط حرارة أدفأ شهر أكثر من ٢٢°م (٧١٫٦°ف)

b ــ صيف قصير بارد Cool ؛ أقل من أربعة شهور تزيد حرارتها عن ١٠°م (٥٠°ف) .

لضمان استمرار إنتاج الموالح على بعد آلاف الأميال فى بلاد المغرب . ويبدو من توزيع وهجرة الجراد الصحراوى أن المبيدات الحشرية التى تستخدم جوا أو على الأرض قد قللت من الآثار البيئية للرياح الشرقية والرياح الغربية القوية .

وإذا كان الجراد يعتبر العائق الأساسى فى تاريخ استغلال الأراضى الجافة فى العالم القديم ، فإنه لم يكن كذلك بالنسبة للأراضى الصحراوية . وإنه لمن حسن الحظ أن بالأراضى الجافة عالم حيوانى مفيد ونافع سمحت تأقلماته الفسيولوجية بأستغلال هذه البيئة بصورة ما ، خاصة فى مرحلة لم يكن يسمح فيها التقدم التكنولوجى بغير استخدام هذه الحيوانات لاستغلال هذه الأراضى استغلالا سليما . إذ كيف كان للأراضى الجافة من العالم القديم أن تسمح بعيش الإنسان غير المعتمد أساسا على الزراعة فى الواحات بدون الجمل ؟ وحتى المحلات العمرانية الحضرية كانت تعتمد على قوافل الجمال كأسلوب ووسيلة للتجارة عاشت عليه المدن الصحراوية . وماذا يمكن أن يكون عليه الوضع ، أو ماهى الأمكانية فى فرصة نجاح الرعى المعيشى والتجارى فى المناطق الهامشية الأكثر رطوبة ، بدون الماشية ذات السنام المعروفة باسم زيو Zebu والأغنام ذات الذيول السمينة . ولا يعنى هذا الأقلال من أهمية الحصان فى الصحراء ، غير أنه حيوان مراع لابد أن يحمل علفه فى المناطق الشديدة الجفاف ، كما أنه يحتاج إلى السقى المنتظم . أما الحمار والبغل فهما يمثلان حيوانات العمل فى المناطق الصحراوية ، ويفضلان الحصان من حيث ملاءمتهما للبيئة الصحراوية . كما يعتبر الثور من حيوانات الحمل الغالية إذ يقدر على حمل أثقال كبيرة لمدة ثلاثة أيام دون غذاء أو شراب .

وقد يعجب المرء من طول التأخر فى معرفة فسيولوجية هذه الحيوانات حتى بدأت الحضارات التكنولوجية المتقدمة أكتشاف الصحراء . فلوفهمت فسيولوجية الجمل « سفينة الصحراء » فهما سليما لأمكن إنقاذ حياة كل من بيرك « Burke » و « Wills » أثناء استكشافهما الأوسط استراليا . فعندما كانا عائدين إلى (كوبرز كريك Cooper's Creek من خليج كارينتاريا فى عام ١٨٤٦ مستخدمين الجمل كوسيلة أنتقال ، تعرضا لضربة شمس قاسية نتيجة لسوء توجيههما للجمال التى كان يمكن بأحسانه إنقاذ حياتهما . إذ لم يكن واضحا حينذاك أن الجمال المستوردة من العالم القديم تحتاج لفترة تتراوح ما بين سنتين وثلاث سنوات لكى تؤقلم نفسها قبل إمكان إستخدمها فى الأراضى الجافة الأسترالية ، بينما تمت رحلة كل من (بروك) و (ولز) أثناء الفترات الأولى من عملية التأقلم .

كما تعتبر عملية التأقلم عاملا هاما وحساسا فى نجاح إدخال حيوانات الرعى إلى الأراضى الجافة ، غير أنه من المهم أيضا أن تكون هناك سابق معرفة بمقدرتها على مقاومة الجفاف . وبأستثناء الجرابيع الصحراوية وبعض الثدييات الأخرى الصغيرة والحشرات وكذلك الزواحف ، يعتبر الجمل الحيوان الأساسى من بين العاشبات فى هذه البيئة ، وما العاشبات الأخرى إلا معاونة له . فهو بذلك يعتبر للأنسان أكثر الحيوانات من حيث أهميته الحيوية فى المناطق الجافة من العالم القديم . ولقد أخر علم وجود حيوان مماثل له فى العالم الجديد إستكشاف واستغلال الأراضى الجافة فى جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية والأراضى الجافة فى أمريكا الجنوبية . وليس معنى هذا أن الجمل حيوان مثالى من حيث مقدرته على الحمل أو من حيث كونه مصدر اللبن أو اللحم أو الجلود . ويعتبر الجمل ذو السنامين — أحد نوعى الجمال والذى يعيش فى آسيا الوسطى — أقدر على تحمل البرد الرطوبة ، كما يمكنه تحمل العطش مدة أطول من المدة التى يتحملها الجمل ذو السنام الواحد فى كل من الصحراء الأفريقية والصحراء العربية . وتعطى تقارير المستكشفين أرقاما متباينة عن درجة تحملهما وطاقة أحتمالهما وجلدهما ، وسوف فتعرض لتحليلها فيما بعد . إلا أن الكثير منها يثبت أن

أقصى ما يمكن أن يتحمله الجمل ذو السنام الواحد من الوقت بدون مياه هو حوالى عشرة أيام ، بينما يمكن للجمل ذى السنامين أن يذهب أكثر من ثلاثين يوما بدونها . غير أن هذه الأرقام ينبغى أن تؤخذ بشىء من الحيطة ، إذ أن هناك تعقيدات عديدة وراء هذه التقديرات البسيطة ، منها الفصل من السنة الذى يتحمل فيه الجمل هذه الفترة ، ونوعية العلف الذى يمكن أن يحصل عليه الحيوان ، ثم الفترة الزمنية التى يقوم فيها الحيوان بالعمل .

وإذا تغاضينا عن عاداته الكريهة ، فإن من أهم الصفات المميزة له ، والتى يتساوى فيها مع بقية حيوانات الحمل وحيوانات الركوب القادرة على ظروف الجفاف ، هو أنه يستهلك كميات كبيرة من العلف تتراوح ما بين ١٨ ــ ٢٢ كيلو جراما (٤٠ ــ ٧٩ رطلا) فى اليوم . وهذا العلف الذى لا يعتبر الحصول عليه سهلا فى البيئة الصحراوية ، يستلزم وجود مرشد لأمكان العشب التى عادة ما تكون بعيدة عن الدروب التى تسلكها القوافل ، كما يحد من عدد الجمال التى يمكن استخدامها فى القافلة أو التى يمكن رعيها على المرعى الموجود . وتقلل عملية إطعام الجمل من فترة العمل الفعلية له . وبالاضافة إلى هذه المعوقات التى فرضتها متطلبات التغذية للحيوان ، فإن الجمل فى حقيقة الأمر يعتبر من الحيوانات البطيئة ، إذ لا تتعدى رحلته اليومية فى ظل أحسن الظروف ٢٢ كيلو مترا (٢٠ ميلا) . حقيقة أن هناك جمال سباق قد تدربت تدريبا خاصا لتقطع مسافة ٦٥ كيلو مترا يوميا (٤٠ ميلا) ، غير أن هذه الجمال السريعة قليلة العدد وغالية الثمن لاستخدامها كحيوانات حمل فى قافلة . ومن ثم فإن الجمل حيوان بطىء ويتطلب فترات راحة كثيرة ، إلا أنه على الرغم من ذلك ، يمكنه أن يحمل أثقالا تصل إلى ١٥٢ كيلو جراما ، وهذه أكبر بكثير مما يمكن أن تحمله حيوانات مثل الياك Yak والرما Llama والأغنام التى تستخدم فى الجهات الصحراوية الأخرى . ولكن خاصية الجمل هذه لا ينبغى لها أن تجعل منه حيوانا يحمل بضائع رخيصه غير ضرورية ، بل ينبغى استخدامه استخداما أقتصاديا

يجعله البضائع الثمينة والغالية . ولكنه مازال يستخدم فى جر العربات فى كل من استراليا وباكستان ، وفى جر المحراث فى بعض المناطق الأخرى .

والجمل قادر على القيام بكل هذه الأعمال فى المناطق الجافة بسبب بنيانه وخصائصه الفسيولوجية ، وهنا مكمن ميزته الرئيسية . فعنده الخف الكبير الذى يساعد على توزيع وزن جسمه (حوالى نصف طن) فوق مساحة من الرمال الناعمة أكبر من مساحة الحوافر الصغيرة لدى الحصان . كما أن خف الجمل يكون سميكا بدرجة تجعله متمتعاً بحصانة ضد الإشعاع الحرارى من السطح الصخرى أو الرملى الشديد الحرارة ؛ كما أن للجمل بالطبع « سنام » . ولا شك أن شرح أهمية سنام الجمل أو سنام الزيو أو الذيل السميك للأغنام الصحراوية سوف ينقلنا من الحديث عن تشريح إلى الحديث عن بعض الخواص فى علم وظائف الأعضاء والتى لم يتسن لنا فهمها إلا حديثا . ويمكننا الآن بهذا القدر من المعرفة الإجابة على السؤال الرئيسى الخاص بحيوان الجمل ـــ ما هى المدة التى يمكن للجمل أن يتحملها بدون مياه ؟ ولماذا يكون الجمل قادراً على تحمل العطش مدة أطول من الإنسان فى ظل الظروف البيئية الواحدة ؟

فلقد تقدم McGee بتقدير تفصيلى عما يطرأ على الإنسان عندما تنقص المياه فى جسمه إلى أقصى درجات النقصان ، أى عندما يبقى بدون مياه ليوم أو ليومين تحت وطأة حرارة الصيف فى صحارى جنوب غرب أمريكا ، أو يبقى لمدة أسبوع فى ظروف مناخية أقل حرارة من ذلك ، بحيث لا تصله أية مياه بتناوله بعض الفواكه العصيرية مثل البرتقال والطماطم والبطيخ . فعندما يكون عاريا تماما ، يمكن رؤية عضلات ذراعية وساقية التى كانت مفتولة وقد ضمرت وتجعدت كما أختفت شفتاه وبدتا وكأنهما مبتورتان تاركتين مكانهما هالة غائرة من نسيج أسود اللون ، أما عيناه فقد أصبحتا فى حالة « بحلقة » ثابتة تحيط بهما جفون مقلوبة كما أصبح وجهه أسودا كوجه الزنجى واكتسب جلده اللون البنفسجى الشاحب .. وأصبح جلد أطرافه مشدودا سهل التمزق

بملامستة للأشواك والصخور غير المهذبة وإن كان لايدمى لعدم وجود أية آثار للدماء أو بلازما الدم(١) . وتبين حالة هذا الرجل كل العلامات التى تدل على الدرجة الكبرى لنقص المياه فى جسمه . كما يساعد فهم ما يطرأ على جسم الإنسان من تغيرات فى ظل ظروف نقص المياه ، على تبين الكيفية التى يقاوم بها الجمل والثدييات الأخرى التى أقلمت نفسها لظروف المناطق الشديدة الجفاف .

ويمكن لجسم الإنسان أن يفقد قدرا بسيطا من مياهه قبل أن تصل درجة هذا الفقدان إلى حالة الخطر . فعندما يصل الفاقد من مياه الجسم عن طريق العرق إلى ٦ ٪ أو ٨ ٪ من وزن الجسم يجف الفم ويلتصق اللسان بسقفه وتضطرب الحواس . ولكن عندما يصل هذا الفاقد إلى حوالى ١٠ ٪ من وزن الجسم يصبح المرء فى حالة هذيان ، عديم الإحساس بالألم ، ولا تدمى جروحه (حسب وصف Mc Gee) . وإذا ما وصل هذا الفاقد إلى ١٢ ٪ من وزن الجسم ، فإن شفاء المرء دون مساعدة طبية يصبح مستحيلا . وذلك لأنه أصبح غير قادر على عملية « البلع » . كما تحدث تغيرات فى الدورة الدموية تنعكس آثارها على تغيرات فى أعضاء الجسم الأخرى ويصبح الدم أكثر كثافة ولزوجة ، وينهك القلب نتيجة الجهد الذى يبذله فى ضخ هذا الدم اللزج لكى يكمل دورته فى الجسم . ومع قلة سرعة الدورة الدموية ترتفع درجة الحرارة وينتهى الأمر بالموت . والسرعة فى أرتفاع درجة حرارة جسم الأنسان والتى تلى إنهيار المنظم الحرارى فى الجسم ، يمكن أن يطلق عليها تعبير « الانفجار الحرارى المميت Explosive Heat Death » . ويشير هذا المنظم الحرارى إلى حوالى ٣٧°م (٩٧٫٤ ف) ويمكن التحكم فيه فى حدود درجة فهرنهيتية واحدة عن طريق تبخر العرق من سطح الجسم .

---

(1) W. J. Mc Gee, Desert Thirst as a Disease, Interstate Medical Journal (1906) 13, 283

ويتميز الجمل على الرغم من ذلك بوظائف عضوية مختلفة ، كما أن مدى المنظم الحرارى لجسمه كبير . فهو حيوان يعرق ولكن بدرجة أقل من الانسان . وللاحتفاظ بالمياه فى جسمه يتصف الجمل بإنه لا يعرق قبل أن ترتفع درجة حرارته إلى حوالى ٤١°م (١٠٥٫٨°ف) . وبالاضافة إلى هذا فإن جسمه يبرد أثناء الليل حتى يصل إلى ٣٤°م (٩٣٫٢°ف) فيأخذ بذلك فترة طويلة أثناء حرارة النهار لترتفع درجة حرارة جسمه إلى حد الخطر . وعليه فإن مدى التغير فى درجة حرارة جسم الجمل الذى يقع ما بين ٣٤°م ، ٤١°م (٩٣٫٢°ف ١٠٥٫٨°ف) يكون أكبر منه عند معظم الحيوانات ذات الدم الدافىء والتى يقع التغير الحرارى لأجسامهاما بين ٣٧°م ، ٤٠°م (٩٨٫٤°ف ، ١٠٤°ف) ، فتقل بذلك عنده سرعة الانفجار الحرارى المميت .

غير أن الجمل ما يزال يفقد مياها من جسمه عن طريق العرق ، وعن طريق الرئتين ، إما ما يفقده عن طريق التبول والتبرز فيعتبر قليلا . ويستطيع الجمل أن يعوض هذا الفاقد مما هو مخزون فى سنامه على هيئة شحم . ولا يوجد للمياه خزان فى جسم الجمل على هيئة سائل ، وعليه فإن المرتحل فى المناطق الصحراوية لا يجد فى أقصى ظروف الظمأ أكثر من العصارة الهضمية الخضراء فى تلافيف معدة بعيرة . ويحصل الجمل على المياه اللازمة لجسمه فى ظل ظروف الشح المائى عن طريق أكسده الشحم الموجود فى سنامة وفى أجزاء أخرى من جسمه .

ويؤدى استهلاك الشحم من أجل تنظيم المياه فى جسم الجمل ، الذى لا تتوفر له مياه الشرب أو الأعشاب الخضراء ، إلى نقص فى وزنه . ولقد أوضحت التجارب التى أجريت فى « بنى عباس Beni Abbes » فى الصحراء الجزائرية ، بعض الحقائق الهامة فأتضح أن الجمل الذى يتغذى على التمور الجافة والدريس أثناء الفصل المعتدل لا يشعر بالظمأ إلا بعد ١٦ يوما غير حالته لا تكون خطرة . ففى شهر يونيو تغذى جمل يزن ٤٥٠ كيلو جراما على أعشاب جافة وبدون مياه لفترة ثمانية أيام ، وبنهاية هذه الفترة ساءت حالته وأصبح لا يزن سوى ٣٥٠ كيلو جراما . وعندما قدمت له المياه ، شرب

١٠٣ لترا (٢٧ جالونا) فى خلال عشرة دقائق ، واستعاد وزنه الأصلى . وإذا عملت الجمال ، فإن الفترة التى تتحملها بدون مياه لا تتعدى أسبوعا فى فصل الصيف ، وهذه فترة تفوق كثيرا تلك الفترة التى يتحملها الإنسان نفس الظروف . كما اتضح أن الحيوانات العاشبة التى تقتات على الحشائش الشتوية الخضراء لا تأبه بشرب المياه لمدة قد تزيد على الشهرين .

وإنه لمن الواضح أن هذه الأرقام لا يمكن استخدامها كمعيار ، إذ تتوقف الفترة التى يمكن للجمل أن يبقاها بدون مياه على ما يتناوله من حشائش رطبة ، وعلى طبيعة العمل الذى يقوم به ، وعلى الفصل من السنة ، وعلى طبيعة الأرض التى يسير عليها وطول المسافة التى يقطعها ، ثم على نوعه وسلالته وظروف تربيته . وهذا يفسر لنا تقارير الرحالة المتعارضة عن مقدرة تحمل الجمل ، ولكن يبدو أن الجمل ذا السنامين أفضل من الجمل ذى السنام الواحد ، وأن الأخير أحسن من الحيوانات التى ليست لها سنم . كما تشير هذه الأرقام إلى أهمية الدور الذى يقوم به المتخصصون فى قيادة قوافل الجمال ، وما يتميزون به من مهارة تتصل برعيها وتربيتها ، تلك المهارة التى تمكنهم من معرفة فصل التزاوج عند الجمال والذى يتفق مع فصل المطر ، وأن عملية الحمل عند هذا الحيوان تستغرق إثنى عشر شهرا . وهذا من شأنه أن يجعل رعاية هذا الحيوان أمرا يحتاج إلى خبرة ودراية فى ظل هذه البيئة الصحراوية القاسية .

وعليه يرتبط استخدام الأرض فى جهات العالم القديم الجافة بالجمل لما له من مقدرة فائقة على الحمل ، فهو أكثر مقدرة من حيوان اللاما الذى يوجد فى الهضاب المرتفعة الجافة من جبال الأنديز . كما ويعتبر الجمل أنسب الحيوانات البيئة الجافة ، فلقد استخدم فى مصر كحيوان مستأنس منذ ألفى سنة قبل الميلاد . وبالرغم من هذا لا يمكن أن يعيش الجمل بدون الماء كما هو الحال بالنسبة لبعض الثدييات الصغيرة الأخرى ، فالجربوع (فأر الصحراء) يمكن أن يعيش على الغذاء الجاف بأستمرار دون مياه ، وحتى فان الفأر الأمريكى الذى يشبه الكنجار ويزداد وزنه فى ظل هذه الظروف

الجافة دون استعماله للمياه .

ويعتبر الإنسان إذا ما قورن بهذه الحيوانات أفقرهم من حيث استعداده للعيش فى الأراضى الجافة ، إذ تتطلب أعضاء جسمه المياه بأنتظام إذا كان عليها أن تستمر فى أداء وظائفها . فلا بد للإنسان إذن أن يعيش بجوار المياه ، أو أن يحملها معه أو تحضر إليه حتى يمكنه أن يستفيد من هذه البيئة الصحراوية ويستغلها . وإذا ما قورن الإنسان بالجمل . فإن شرب الإنسان للمياه يعتبر قليلا أى حوالى لتر واحد من المياه كل مرة (١/٥ جالون) . غير أن الإنسان يمكنه أن يقلل من درجة فقدان جسمه للمياه وذلك بأستخدامه الملابس الواقية من الحرارة وكذلك ببقائه فى الظل وبالقليل من حركته ونشاطه . وعليه يعتبر أرتحال المرء فى الصحراء أثناء الليل ، وحط رحالة فى الظل أثناء النهار ، أمراً هاما من الناحية الإقتصادية لمواجهة مشكلة النقص فى المياه .

وتؤدى عملية العرق من جسم الإنسان إلى تجمع االأملاح على سطح الجلد ، والمذاق الملحى للعرق معروف جيدا لهؤلاء الذين اضطروا إلى تسلق حافة جبلية فى المناطق الصحراوية أثناء أرتفاع درجة الحرارة ، أو لهؤلاء الذين حاولوا أنتزاع عربة قدر لسوء قيادتها أن تغرس فى الرمال الناعمة فى الصحراء . ومالم يعوض الجسم ما فقده من أملاح كلوريد الصوديوم فإن التعب ينتابه كما تصاب بعد الأطراف بشد وتقلص فى عضلاتها ، وتدريجيا يصاب الجسم بأنهيار فى الدورة الدموية . ويمكن تعويض ما يفقدة الجسم من أملاح بتعاطى بعض أقراص الملح مثلما يفعل السائحون المرفهون إلى المناطق الصحراوية ، أو يمكن لعق الملح كما يفعل سكان هذه المناطق . ويعتبر هذا التعويض هاما وضروريا ، ويمكن الحصول على الملح فى المناطق الصحراوية بسهولة وبخاصة المناطق الساحلية منها التى يعتبر الملح فيها سلعة تجارية ثمينة . أما استخدام المياه الجوفية المالحة ، فعادة ما يكون سيء التأثير إذ تسبب هذه المياه الاسهال الذى قد يؤدى إلى آثار جانبية غير صحية .

وإذا كان الإنسان لا يطمع فى أن يتساوى فى قدرة تحمله مع الجمل على العطش إلا أن هناك حصيلة من البيانات تشير إلى إمكانية تأقلمه مع ظروف البيئة الجافة . ويعتبر تأقلم الرجل الأبيض لظروف البيئة الجافة أنجح من تأقلمه لظروف البيئة المدارية المطيرة . وتشير هذه البيانات إلى أنه بعد أيام معدودة تطرأ تغيرات على نظام وعمل الغدد العرقية والغدد المخاطية . وتسير عملية التأقلم فى خمس خطوات هى :

(أ) نقصان معدل الإرتفاع فى درجة حرارة الجسم .

(ب) البطء فى فقدان الجسم لدرجة الحرارة .

(جـ) زيادة حساسية عملية التنظيم الحرارى فى الجسم .

(د) التقليل من الاضطرابات الثانوية الناتجة عن التنظيم الحرارى فى الجسم

(هـ) الزيادة فى تحمل أرتفاع درجة حرارة الجسم أو النتائج الثانوية بسبب التنظيم الحرارى فى الجسم .(١)

ويعتقد أن ساكن المناطق الصحراوية يمكن أن يتمتع بمقدرة تحمل الاضطرابات الناتجة عن نقص المياه فى جسمه ، ويحبذ بعض الدارسين وجهة النظر التى ترى أن هؤلاء الذين يتصفون بالقامة النحيفة الطويلة هم أنسب الناس للتغلب على أثر الحرارة . ولقد أبانت التجارب التى أجريت على القوات المسلحة للولايات المتحدة الأمريكية أنه ليس ضروريا أن تكون الخلايا الملونة الداكنة ذات ميزة فى المناطق الجافة الحارة . فالسود والبيض بكامل ملابسهم مشاة أوجالسين ، لديهم درجة تحمل واحدة للظروف الجافة الحارة ، غير أنهم عندما يكونوا عراة معرضين لأشعة الشمس ، فإن البيض الذين لفحتهم أشعة الشمس يكونوا أكثر تحملا من السود . وبالطبع فإن الظروف البيئية لا تعطى الإجابة الكاملة على تحمل المرء لدرجة الحرارة والجفاف حيث أن الكيفية التى يتصرف بها الفرد والجماعة هى التى تعتبر غاية فى الأهمية . فالبدو

(1) D. H. K. Les, 'Applications of Human and Animal physiology and Ecology to Arid Zone Problems' (in) The Problems of the Arid Zone (1962) UNESCO XVIII, P. 217.

الرحل يفضلون بيئتهم الصحراوية الجافة على الواحات التى يرتبطون بها تعايشيا من الناحية الإقتصادية والسياسية ؛ غير أن الكثيرين من الأوربيين قد أحبوا الصحراء (مثلما أحبوا المناطق القطبية) وأصبحوا عبر التاريخ على وفاق معها . ومن أمثال هؤلاء :

Passarge, Laurence Doughty, Philby, Glubb and Thesiger. (cf. F. Spenser Chapman's attitude to the hot humid zone in The Jungle is Neutral) .

وكما كتب الفيلد مارشال مونتجمرى حديثا : « إن الأشياء اللعينة الرئيسية فى حياة الصحراء هى الذباب والرمال والعواصف الترابية . ولكن بأستثنائها وجد جنوب الجيش الثامن الحياة فى جملتها صحية وإن كانت غير مرفهة . وعلى الرغم من الحرارة الشديدة كان هناك نوع من الهواء جعل المناخ بهيجا ومنشطا . ونحن الذين عشنا وحاربنا من العلمين إلى تونس كنا غاية فى النشاط وعلى درجة عالية من الروح المعنوية . فباستثناء بعض الأمراض الخاصة مثل القروح الصحراوية ، واضطربات المعدة ومرض الصفرة — وهذا الأخير كان قاصرا على الضباط — لم تكن هناك إلا حالات مرض قليلة » .(١) ولربما كان حقيقيا أن فرص أنتقال المرض فى المناطق الصحراوية الجافة بالتأكيد أقل منها فى المناطق الرطبة الدفيئة ، غير أن الملاريا تعتبر من الأمراض المتوطنة فى بعض الواحات . كما كانت هناك مشاكل ازدياد الأمراض الناتجة عن جفاف الجلد مثل انقلاب جفنى العين Conjunctiva وجفاف الغشاء المخاطى Mucous membranes .

وعلى الرغم من ذلك فإن المرء لا يستطيع إلا أن يكون منضبطا فى البيئة الصحراوية الجافة . حيث لم يكن يقدر لجنود الفرق الصحراوية أن يكونوا نشطين وعلى درجة عالية هى الروح المعنوية ، لو لم يقم المهندسون وسائقو عربات المياه بأداء واجبهم بكفاءة عالية من أجل إمداد الجندى بتموينه اليومى من المياه (نصف جالون — ٢٫٣ لترا) ،

(1) Field Marshal Viscount Montgomery, 'The Battle of Alamein, Sunday Times Magazine (24 September 1967), p. 25

ولو لم يتعلم الجنود الإقلال من شربهم للمياه رغم حرارة النهار . ويفقد الكثير من المياه في ظل ظروف ، الجفاف الحار بأستخدام وسائل التبريد البسيطة مثل وسيلة (تشاجول Chagul) المستخدمة فى باكستان الغربية حيث تبرد المياه بواسطة التبخر عن طريق وضع قطع اللباد المبلل حول إناء المياه .

وبدون المياه يقع المرء تحت رحمة بيئته فقد مات كل من Will's . Burke عطشا فى استراليا الوسطى ؛ ويقال أن جماعة من البدو قد تمكنوا من العيش بشربهم محتوى معدة حيوان اضطروا لذبحه وهناك نوجد خمسون مقبرة عند Tinajas Altas على طريق الشيطان Camino del Diablo (Devil's Read) الممتد على طول الحدود بين المكسيك والولايات المتحدة الأمريكية ، الذى استخدمه الباحثون عن المعادن أثناء حركة الاندفاع نحو كاليفورنيا فى عام ١٨٤٩ ، حيث كانت المياه المحدودة فى كميتها ، غير موجودة إلا فى مكانين على طول شقة تبلغ ٢٤١ كيلو مترا (١٥٠ ميلا) بين Yuma . Sonoita (ولا يقدر على قذارة مياه الشرب من الحفر الصحراوية إلا ذلك الشخص شديد الظمأ) . ويتفاوت عدد الموتى من المرتحلين على الطريق بين المئات والآلاف ، ويعتقد أن أكثر من ٤٠٠ شخص قد لقوا حتفهم بين بلدتى سونيوتا ويوما . وقد هلك العديد من المكسيكين على الطريق إلى مناطق استكشاف الذهب فى وادى الكلورادو قبل عام ١٨٦٠ مباشرة . أما فى الصحراء الكبرى فهناك من القطرون إلى بلما ، طريق يخترق منطقة قاحلة ، إلا من بئر وحيد مياها رديئة بالقرب من بلما . وعلى طول هذا الطريق أتت قوافل العبيد من Bornu إلى طرابلس حتى أوقف الفرنسيون والإيطاليون حركتها . وتقدر نسبة أعداد العبيد التى فقدت على طول مثل هذه الدروب المقفرة من المياه بحوالى ٨٠ ٪ ، غير أن تجار الرقيق كانوا يرجون من الـ ٢٠ ٪ الباقية منهم (أى من ٤٠٠,٠٠٠ عبد من العدد الكلى المقدر وهو ٢ مليون) . وفى عام ١٩٥١ فقدت قافلة من اللوريات التى تحمل أنابيب غاز الأيدروجين البالونات التى تستخدمها محطة الأرصاد الجوية فى واحة الكفرة بالصحراء الليبية ، أعدادا كبيرة فى الأرواح وإلى

الغرب من ذلك ضل أحد اللوريات طريقه من القطرون إلى زواره ونفذ تموينه من البترول . فانطلق أثنان من طاقمة على الأقدام بحثا عن الماء ، أما الثالث فقد وجد حيا بعد أربعة عشر يوما من البحث وكان تموينه من المياه اللازمة لجسمه معتمدا كلية على ما كان يحمله اللورى من الفواكة المعلبة .

وعلى الرغم من كل هذا فإن الحياة قد ثايرت فى المناطق الجافة منذ آلاف السنين . فتعلم « بوشمن صحراء كلهارى » كيف يعثرون على المياه فى ظل ظروف مستحيلة . ويقال أن أمرأة عجوزا (فى رواية مشكوك فى صحتها) قد أبقت على حياتها وحياة رجلين معها وأربعة من الحمير لمدة أربعة عشر يوما ، وذلك بمص المياه من رمال صحراء كلهارى . وليس هناك من شك أن البوشمن قد أكتشفوا الطبقة الرطبة Sip Layer ، والتى كانوا يمتصون الماء منها بواسطة الغاب المجوف الذى يتخلل الرمال السطحية الجافة إلى تلك الطبقة الرطبة أسفلها . وكان مؤكدا ، فى تكساس أن الراحل الجاهل كان عليه أن يتعلم أن هناك كحولا فى نباتات الصبير ، وأنه إذا أحرقت أشواك نبات « الرازيلريوم Yucca ونبات التين الشوكى بواسطة قنديل الكيروسين ، فإن سيقان هذه النباتات تحتوى على قدر من المياه للأبقار التى يقتلها العطش(١) ، غير أنه لا توجد صعاب فى منطقة حاسى مسعود أو مناطق البترول المحيطة بها فى الصحراء الجزائرية حيث توجد المياه على بعد تسعة أمتار فقط (٣٠ قدما) من سطح الأرض . ويتطلب قيام العمران فى المناطق الشديدة الجفاف من النطاق الجاف الأمريكى ، كما يتطلب الاستغلال المعدنى ، والزراعة على الرى ، كميات ضخمة من المياه . وهذه المياه يجب أن تأتى فى معظمها من الخزانات الأرضية ، إذ لا توجد هناك مياه سطحية . كافية إلا حيث تغسل مياه البحر الشواطىء الصحراوية . ويمكن لمياه البحر أن تحلى بوسائل أقتصادية مناسبة من أجل استهلاك الإنسان والحيوان ومن أجل استخدامها فى الأغراض الصناعية .

(1) A. Cooke' 'The Taras Drought', The Guardian (7 August 1953)

الفصل الخامس

مصادر المياه فى الأراضى الجافة

مشاكل الملوحة

مصادر المياه فى المناطق الجافة

تعتبر المياه أنفس الموارد الطبيعية فى المناطق الجافة ، حيث تتحكم فى وجود وتوزيع وكثافة كل من النبات والحيوان والإنسان . ولما كانت المياه شحيحة أو معدومة على سطح الأراضى الجافة فى أنحاء العالم ، فإنها تميز بوضوح مظهر المناطق الجافة عن مظهر المناطق المطيرة المتاخمة لها . ولكى يمكن استغلال المناطق الجافة فى الرعى وفى الزراعة المستقرة ، وفى التجارة ، وفى الاستفاده بالموارد المعدنية ، وفى إنشاء المراكز العمرانية ، ينبغى توفر المياه بكميات يعتمد عليها ، وتكون ذات خصائص نوعية بقيام نشاط إقتصادى مختار . وإذا ما استبعدت البحار الداخلية والمحيطات لم يتبق فى المناطق الجافة غير موردين مائيين رئيسين . فهناك أولا المياه الجوفية (الباطنية ، الأرضية) التى تعتبر مصدرا متناقصا فى بعض المناطق الجافة ؛ ثم هناك ثانيا الأنهار الدائمة التى تستمد مياهها ذات الكميات الكافية من مناطق مطيرة ، أو من جزر رطوبة فى المناطق الجافة ، بحيث تمكن هذه الأنهار من الجريان على سطح الأرض فى ظل ظروف تجعل البخر عنيفا . وإذا أمكن الحصول على المياه من الينابيع أو بضخها إلى سطح الأرض ، فإنه يجب الحفاظ عليها من عمليات البخر حتى يحين وقت استعمالها . وعندما تكون المياه الباطنية وفيرة من حيث كميتها ، ومناسبة من حيث نوعيتها ، أو حينما يمكن السيطرة على مياه الأنهار الدائمة الجريان ، تكون الآمال فى أزدهار المناطق الصحراوية غير محدودة ، ويمكن أن يسهم الثلث الجاف إسهامة حيوية وهامة بما يحتاج إليه العالم من حبوب وفواكهه ولحوم وزيوت وخضروات وألياف وأخشاب . ويفتح تقطير مياه البحر بتكاليف معقولة الصحارى الساحلية التى تتصف بقربها من شرايين المواصلات المحيطية ، كما يمكن أن تعطى مصائد الأسماك المحليه لهذه المناطق الصحراوية الساحلية ميزة على قريناتها من الصحراء الداخلية . وإنه لضرورى ، من ثم ، أن نسبر الأغوار بحثا عن موارد المياه فى المناطق الصحراوية الجافة قبل النظر فى استعمالاتها .

وتحت تأثير عامل الجاذبية ، تتسرب غالبية مياه الأمطار رأسياً خلال المواد المرسبة وخلال الصخور ، ولكن هناك بالإضافة إلى ذلك اتجاهان آخران لحركة المياه بدونهما تقل كمية المياه الباطنية التى تظهر على سطح الأرض فى المناطق الجافة بدرجة كبيرة . ويمكن للمياه الجوفية تحت تأثير الضغط أن تتحرك علويا من خزانات سفليه خزانات أعلى منها ، كما يمكن أن تتحرك جانبا فى ثناما الخزان الأرضى الواحد على هدى إنحدار يحدده على وجه التقريب ميل الطبقة الصخرية الخازنة للمياه إذا كانت هذه الطبقة من الصخور الرسوبية . غير أن الأمطار الساقطة على سطح الأرض لا تحفظ كلها جوفيا ، ففى صحراء كلهارى قدرت نسبة ما يضاف إلى المياه الجوفية مما يسقط على المنطقة سنويا من أمطار بحوالى ٤ ــ ٥ ٪ ، وهذا يعنى أن الكمية السنوية المتسربة أرضيا هى ١ ملليمترا (١/٢٠ بوصة) . وحتى فى ظروف سقوط الأمطار الانهمارية، يكون أثرها على إمداد المياه الجوفية بأنة زيادة فى بادىء الأمر قليلا ، إذ تبدأ حركة المياه المنهمرة فى صورة سيول قبل أن يتشبع السطح الرملى الجاف . ولقد لوحظ أن منسوب المياه فى الآبار يظل ثانيا حتى تغمر الأرض بالمياه ، وبعدها فقط يبدأ هذا المنسوب فى الارتفاع . وفى الأجزاء الجافة من تنجانيقا ، والتى يرتفع بها متوسط البخر إلى ٨٥ ٪ ، لا تصل نسبة الكمية المتسربة فى الصخر إلا إلى ١٠ ٪ فقط ، فى حين أنه فى تونس التى يسقط عليها ما يقدر بحوالى ٣٢٫٥ مليار متر مكعب من مياه الأمطار ، لا يتسرب من هذه الكمية أرضيا سوى ما نسبته ١/٣١ . وإذا ما استثنينا الحركة الرأسية العلوية للمياة بعامل الحرارة الباطنيه ، فإن مثل هذه الحركة من خزاناتها الأرضية لابد وأن تكون نتيجة الظروف الارتوازية كما هو الحال فى الأحواض الارتوازية فى قارة استراليا وفى شمال أفريقيا ، أو نتيجة الضغط المحلى الذى أدى بالمياه إلى الاندفاع على طول خطوط الصدوع أو على طول الشقوق الصخرية . وتتضح الحركة الجانبية للمياه الجوفية على طول ميل الطبقة الحاملة للمياه فى واحات مصر حيث تنساب المياه بانحدار تقدر نسبتة بـ ١ : ٢٠٠٠ . وعادة ما ترتبط هذه الخاصية بالحجر الرملى النوبى Nubian Sandstone وإن كانت غير مقصورة عليه . وتنبثق المياه الجوفية من الخزان الصخرى

إذا ما تعرضت لضغط مائى كاف حيثما تتقطع الأرض بفعل عوامل التعرية وحيثما تصيبها التقلقلات التكتونية بدرجة تجعل الطبقة الصخرية المغطيه للمياه الجوفية سهلة الإزالة بفعل ضغط المياة الجوفية . وإنها لحركة المياه الجوفية الجانبية فى الخزان الصخرى التى تكون مسئولة عن إمداد الأراضى الجافة بالمياه ، وإن كان طبيعيا أن هذه المياه قد تحتاج فى بعض الأحيان إلى عملية الضخ لتصل إلى منسوب سطح الأرض .

وعلى الرغم من أن الحجر الرملى يعتبر بصفة عامة أحسن الخزانات الصخرية للمياه الجوفية إذ تصل نسبة الفراغات به إلى ٤٠ ٪ ، تشير المشاهدات إلى أن الحجر الجيرى الذى لا تصل فيه نسبة الفراغات إلا إلى ١٠ ٪ ، يعتبر أحسن الخزانات للمياه الجوفية ، وذلك بسبب وجود نظام من الفوالق المتقاطعه ، بهذا النوع من الصخور . ومن ثم تعتبر أحسن خزانات الحجر الرملى للمياة الجوفية تلك التى تتصف بوضوح نظام الشقوق والفوالق بها . ويتسع نظام الفوالق فى الحجر الجيرى بدرجة كبيرة أثناء الفترات المطيرة ، كما هو واضح فى منطقة برقة فى الظاهرات الكارستية المتمثلة فى المناطق الساحلية للبحر المتوسط ، ويعطى هذا النظام من الفوالق المتسعة نسيجا ممتازا من خزانات المياه الجوفية المتصلة . ويجب أن تحتجز المياه فى هذه الطبقات الصخرية الحامله للمياه من الحجر الجيرى علويا وسفليا بين تكوينات صخرية عديمه النفاذية نسبيا . فيقوم الحجر الطباشيرى بما يحويه من نسبة عاليه من المارل بدور الصخر الحاجز فى منطقة شمال أفريقيا والشرق الأوسط . كما تقوم طبقة الطباشير والصلصال التى تبلغ فى سمكها ٩١٤ مترا (٣٠٠٠ قدما) بدور الطبقة الحاجزة التى تعلو الصخر الحامل للمياه والمعروف بأسم « رمل داكوتا الكريتاسى Gretaceous Dakota Sandstone والذى يعتبر أحد الخزانات الصخرية العظمى للمياه الجوفية فى الولايات المتحدة الأمريكية . كما يمكن أن تعمل الصخور النارية وبخاصة تلك التى توجد فى صورة غطاءات صخرية كحافظ تلك الخزانات الصخرية فى بعض المناطق من القارة الاسترالية ، أما فى صحراء وسط استراليا فتغطى تكوينات الصلصال الكريتاسى الخزانات الصخرية الرملية التى تنتمى إلى عصرى الجوراسى والكريتاسى .

وتعتبر تلك الخزانات الصخرية الرملية من أشهر مصادر المياه الارتوازية فى كل من الولايات المتحدة الأمريكية وجنوب إفريقيا وكذلك استراليا . وتكون حركة المياه خلال تلك التكوينات الرملية أبطأ من التدفق السريع للمياه فى الكهوف والقنوات والأنفاق الكارستية القديمة ، غير أن ما تعطيه من مياه يكون كبيراً إذ تتراوح كمياتها ما بين ٨٠٠ — ١٠٠٠ مترا مكعباً فى الساعة . وقد توجد مثل هذه الخزانات الصخرية على أعماق كبيرة من سطح الأرض كما هو الحال فى الصحراء الافريقية ، إذ تمثلها تكوينات الحجر الرملى النوبى التى تنتمى إلى الميزوزوى الأسفل (الزمن الجيولوجى الثانى الأسفل) والتى تغذى بمياهها الواحات مثل الواحة الداخلة فى الصحراء المصرية . وهنا تعلو تكوينات الصلصال الخزان الصخرى الرملى الذى يستلزم الوصول إليه إختراق تكوينات يتراوح سمكها ما بين ٣٠ — ٩١ مترا (١٠٠ — ٣٠٠ قدما) ، وذلك حسب الظروف المكانية لكل بئر . أما فى واحة الفرافرة التى تقع إلى الشمال الغربى من الداخلة ، فإن ميل الطبقات الرملية يكون أقل من أنحدار مستوى الماء الباطنى ، وعليه فإن المياه الجوفية تتسرب خلال تكوينات الجير والمارل التى توجد أسفلها . وتقابل طبقة الحجر الرملى الرقيقة والمعروفة بأسم (رمل داكوتا الكريتاسى) والتى يصل سمكها إلى ٩١ مترا (٣٠٠ قدما) والتى تعتبر خزانا أساسيا للمياه الجوفية فى قارة أمريكا الشمالية ، مجموعة التكوينات الجوراسية / الكريتاسية فى شرق القارة الاسترالية .

وتضم الأحواض الأرتوازية الرئيسية ، والتى يعتبر الخزان الصخرى الرملى مصدر المخزن من المياه الجوفية بها ، أحواضا من تكوينات صخرية رسوبية على نطاق شبه قارى تشغل الأجزاء المقعرة من القاعدة القارية والكتل الصلبة القديمة لقارة جندوانا . وتحاط مثل هذه الأحواض الارتوازية بمناطق صخرية قافزة . ومن شأن هذا النظام أن يزيد فى ميل الطبقات الصخرية صوب أواسط تلك الأحواض . وخير مثل على ذلك ، نظام الكويستا الذى يحيط بالكتلة الصلبة القديمة للصحراء الكبرى الإفريقية ، حيث تنبثق المياه الجوفية فى صورة شبه ارتوازية من ينابيع على هوامش واجهات الكويستات .

وأحيانا ما يؤدى أنبثاق هذه المياه إلى وجود الواحات الصغيرة . وتنتمى واحة الداخلة وكذلك الواحة الخارجة إلى الشرق منها إلى هذا النمط . وتشغل الأحواض الارتوازية فى قارة استراليا أكثر من ثلث مساحتها . فيمتد الحوض الاسترالى العظيم مسافة ١٩٣٠ كيلو مترا (١٢٠٠ ميلا) من الشمال إلى الجنوب ومسافة ١٤٤٨ كيلو مترا (١٠٠ ميلا) من الشرق إلى الغرب . وتوجد منطقة الامتصاص السطحية Catchment Area إلى الشرق من الخزان الأرضى على طول نمط تقسيم المياه المعروف بأسم المقسم العظيم « Great Divide » . وتظهر المياه فى الغرب على سطح الأرض فى بحيرة آيرى Lake Eyre ، مكونة تلال تشبه الفوهات البركالية بالقرب من كوارد سبرنجز Coward Springs . ويغطى هذا الحوض الارتوازى العظيم مساحة تقدر بحوالى ١٥٥٤٠٠٠ كيلو مترا مربعا (٦٠٠٠٠٠ ميلا مربعا) ، ولوجود هذا الحوض الارتوازى أهمية حساسة وبالغة فى استغلال المناطق الجافة فى كل من كوينزلاند ، نيوسوث ويلز وجنوب أستراليا .

وبالمقارنة ، لم تظهر الكتل القارية البللورية القديمة ، لحسن الحظ ، على سطح الأرض إلا فى مساحات صغيرة وأقل إمتدادا من غطائها الإرسابى ، وتعتبر هى الأخرى مصدار محليا وليس إقليميا للمياه الجوفية . فهنا توجد المياه الجوفية فى الصخور ذات الشقوق والفواصل الواضحة ، أو صخور المناطق الصحراوية الجافة التى لا تزال تحمل آثار عمليات التحلل الكميائى فى صورة حطام صخرى . وعادة ما يكون العطاء المائى لمثل هذه الصخور قليلا (١ ــ ٤ م٣ ساعة) ، كما لا يوجد مستوى ماء أرضى متصل ، حيث يمكن الحصول على المياه الجوفية من آبار مستقلة تستمد مياهها من انسكاب ما هو محجوز منها فى نظام الفواصل الصخرية . ونادرا ما تظهر هذه المياه الجوفية على سطح الأرض فى صورة ينابيع . ويعتبر هذا النمط للمياه الجوفية النمط الرئيسى فى مناطق كثيرة من جمهورية السودان ، والأجزاء الجافة من إفريقية الشرقية ، وأجزاء من شبه الجزيرة الهندية ، حيث حفرت آبار ضحلة فى الصخر الصلب فأعطت افقر الاحتمالات للمياه الجوفية فى المناطق الجافة . أما المناطق البركانية فإنها تعطى أحتمالات

أفضل وإن كانت تتوقف كميات المياه الجوفية التى يمكن الحصول عليها على طبيعة غطاءات اللافا ، كما أن أكتشاف مناطق المياه الجوفية يعتمد فى العادة على الصدفة والحظ أكثر من أعتماده على الدراسة . وتكون أحسن النتائج فى البحث عن المياه الجوفية فى مناطق الصخور النارية عندما تنتشر الفوالق ، وعندما تكثر الشقوق الصدعية ، وعندما توجد بعض التوفا البركانية (الرماد البركانى) على هيئة طبقة حاملة للمياه بين التكوينات الصخرية ، وكذلك عندما تكون الطبقات اللافية المسامية مرتكزة على طبقة صخرية أقل مسامية من الصخور الرسوبية أو حتى على طبقة لافية أخرى أقل مسامية . وفى أحسن الظروف ، يمكن الحصول على عطاء جيد من المياه الجوفية كما الحال فى اليمن ، حيث ترتكز حافة صدعية من تكوينات الطفوح البركانية على قاعدة من الصخور الرسوبية . غير أنه غالبا ما تكون هناك بعض التعقيدات بسبب وجود السدود البركانية الرأسية Dykes التى تقسم الطبقات اللافية إلى أقسام قد يكون بعضها جافا وبعضها الآخر المجاور غنيا بمياهه .

ولقد أعتمد استغلال الخزانات الصخرية الإرسابية الإقليمية وخزانات الصخور النارية البللورية المحلية ، فى الفترات السابقة ، بدرجة كبيرة ، على الظروف البنيوية المواتيه (الملائمة) ، كما هو الحال فى المواقع الارتوازية وشبه الارتوازية ، أو حيث أدت درجة التقطع والتصدع إلى وضع طبوغرافى يتقاطع فيه سطح الأرض مع مستوى المياه الأرضى . كما كان ظهور المياه الأرضية مركزا فى أماكن معينة وكان استغلالها فى صورة حفرات مائية متناثرة وعلى هيئة واحات مبعثرة . غير أن الواحات أحيانا ما تترتب فى نسق خطى عندما تنبثق المياه عند قاعدة حافة صدعية أو حافة بركانية ، أو حتى على طول خط صدعى لا ينعكس تضاريسيا على سطح الأرض بصورة واضحة ، إلا أنها غالبا ما تكون مرتبة ترتيبا عشوائيا . وعليه فإن الحياة النباتية الطبيعية ومراكز الرعى والمناطق المنزرعة وتوزيع السكان تنقصها صفة الاتصال — ويتطلب التوصيل إلى الخزانات المائية الأرضية أدوات حفر دقيقة لم تتوفر أثناء الحضارات البشرية القديمة .

فكان طبيعيا أن تستغل طلائع الزراع الأوربيين الأراضى الجافة مسترشدين فى العثور على المياه الأرضية بأمكان النباتات الطبيعية ، وكانت هذه الأماكن عبارة عن فتات صخرى غير متماسك يمكن الحفر فيه بآلات يدوية بسيطة . وتتوافق هذه المناطق بصفة عامة مع أشكال الإرسابات التى أشرنا إليها فى الفصل الثالث من هذا الكتاب ، أى الإرسابات الممثلة فى الفتات الصخرى الذى يملؤ أحواض ما بين السلاسل الجبلية ، وإرسابات قيعان الأودية ، وكذلك المراوح الإرسابية من صخور البدمنت أى منحدر البجادا ، وتكوينات السهول الفيضية والدلتاوات . وهذه هى الإرسابات الحصوية والغرينية والصلصالية التى ترجع إلى أواخر الزمن الجيولوجى الثالث وأثناء الزمن الجيولوجى الرابع . ولقد تماسكت أجزاء من هذه الرواسب وتحولت إلى صخور رملية على درجة كبيرة من المسامية بصورة عامة . وتعمل الصخور الصلبة غير المسامية وبعض العدسات الصخرية غير المسامية التى توجد أسفلها عمل المصائد المائية : وعادة ما يكون عطاء هذه الخزانات الأرضية من المياه قليلا وليس بكميات كبيرة كما هو الحال فى خزانات المياه الارتوازية وشبه الارتوازية ، غير أن هناك حالتان يمكن أن تزيد فيها كمية العطاء المائى وكمية المياه المحفوظة .

ففى مظهر تضاريسى إرسابى ، كما هو الحال فى السهول العليا فى قارة أمريكا الشمالية ، حيث حدثت عملية الإرساب المائى على نطاق إقليمى كبير ، هناك أمثلة عديدة من القباب الصخرية والمناطق الجبلية المدفونة تحت إرسابات صخرية غير متماسكه . وتقوم مثل هذه المناطق الجبلية المدفونة بدور المصائد التى تعترض حركة المياه الجوفية . ويمكن لها أيضا أن تعطى ظروفا مائية أرتوازية وشبه إرتوازية . وربما تتصل مثل هذه الظاهرات الجبلية جغرافيا وتطوريا (وراثيا وأصوليا) بالظروف المناخية شبه الجافة أو ظروف الاستبس أكثر من صلتها بالظروف المناخية الصحراوية الحارة . وتشتمل سهول البمبا العليا **High Pampas** بالأرجنتين ، وكذلك الوحدة التكتونية العظمى فى حوض الكنج والسند ، والأراضى المنخفضة للدجلة والفرات فى أراضى ما

بين النهرين ، على أمثلة من هذا النمط التضاريسى المدفون . وغالبا ما تتكون مصاعد المياه الأرضية فى المواد الإرسابية المتماسكة فى المناطق التى تعرضت للنشاط البركانى بواسطة السدود الرأسية التى تحجز خلفها المياه فتتجمع ويمكن أن تنسكب فوق مساحة (شقة) عريضة من سطح الأرض . ولقد وجدت أحسن مصائد السدود الرأسية فى المناطق التى كانت فيها السدود البركانية أكثر مقاومة من الصخور المحيطة بها ، وبالتالى وقفت كمظهر تضاريسى أكثر أرتفاعا من الأرض التى حولها قبل أن تبدأ فترة الإرساب النهرى فى تلك المنطقة . وكلما كانت محاور هذه السدود البركانية أكثر أنتظاما وأقل تقطعا ، كلما كانت أكثر فاعلية فى تصيد وحجز المياه الأرضية . غير أن السدود البركانية ليست دائما فى صورة محددة ، فيمكن أن توجد بصورة متشبعة إشعاعية من رقبة بركانية ، أو توجد على شكل خلايا متكدسة . وفى ظل ظروف كهذه توجد خزانات المياه الجوفية بصورة منفصلة يختلف كل منها عن الآخر فى كمية عطائه من المياه الجوفية وتوجد أمثلة كثيرة على هذا النمط فى جنوب أفريقيا .

كما وتعطى الأحواض الجبلية التى ترجع إلى نظام السلاسل الجبلية فى الزمن الجيولوجى الثالث فى العالمين القديم والجديد والممتلئة بالارسابات الصخرية ، أمثل الظروف لتجمع المياه الأرضية وبخاصة عندما توجد المصائد البنيوية Structural Traps . فتحتوى المنطقة التى تتمثل فيما نظام الحوض والجبل فى الولايات المتحدة الأمريكية على كتل انكسارية وأودية أخدودية مليئة بالرمال والحصى فوق تكوينات الكاليش التى تقوم بدور الحافظ للمياه ، كما يؤدى وجودها إلى جعل الرواسب التى تعلوها مهما كان سمكها رقيقا قادرة على خزن المياه إلا إذا تعرضت هذه الرواسب للازالة نتيجة نشاط عمليات النحت بواسطة الأنهار الآتية من المناطق الجبلية بغية الوصول إلى مستوى الأنهار الرئيسية أو الوصول إلى مستوى بحيرة المنخفض Playa . كما وتظهر تعقيدات أخرى نتيجة الصفة الارسابية (الاستراتيجرافية) للرواسب التى يمكن أن تكون بصورة طباقية منتظمة مع تدرج فى نوعية الرواسب من حصى خشن

على الهوامش إلى رمال وصلصال فى وسط المنخفض . وكثيرا ما توجد هناك ، على الرغم من ذلك ، صفة التداخل الإصبعى بين التكوينات المسامية وغير المسامية مؤدية إلى وجود المياه الجوفية فى صورة عدسية تعرف بأسم Perched Water Tables تتصف بأنها محددة وغير متصلة ؛ كما تؤدى إلى تداخلات معقدة بين الخزانات الصخرية . وعليه فتتباين مناسيب المياه الأرضية فى الآبار تباينا كبيرا فى الموقع الواحد ، وتوجد صوب أواسط المنخفضات كثير من الآبار غير المنتجة التى كلفت عمليات حفرها كثيرا ولكن عائدها المائى كان ضئيلا . وإعادة تشبع هذه الخزانات الأرضية لا يكون عن طريق ما يسقط على منطقة المنخفض من أمطار بل مما يسقط على المناطق الجبلية المحيطة به ، وتمثل المناطق الإرسابية المروحية لمنحدر البيدمنت المناطق التى يمكن الحصول فيها على كميات مياه مفيدة .

وعلى سبيل المثال ، هناك ظروف مشابهة ، إلى حد ما ، لتلك الظروف ممثلة فى حوض تسيدام Tsaidam Basin ، على هوامش كل من الصحارى الحارة والصحارى الباردة إلى الجنوب الشرقى من لوب نور Lop Nor فى صحراء تكلاما كان Takla Makan فى آسيا الوسطى . فهذا الحوض عبارة عن منخفض تكتونى فى بطن ثنية مقعرة ردم بإرسابات ترجع للزمنين الثالث والرابع . وعليه فإنه يبدو الآن فى صورة سهل ممتد تعلو سطحه الارسابى جزر تلالية لم تغط أعاليها بالرواسب وبخاصة ذلك القسم المرتفع الذى يقع فى الشمال الغربى والذى يتراوح منسوبه ما بين ٢٨٠٠ ـــ ٣٠٠٠ مترا (٩٠٠٠ ـــ ١٠٠٠٠ قدماً) فوق سطح البحر . أما القسم الأوسط الأقل أرتفاعاً والذى يتراوح منسوبه من ٢٦٠٠ إلى ٢٨٠٠ مترا (٨٥٠٠ ـــ ٩٠٠٠ قدما) فهو فى معظمه منطقة سهلية مستوية السطح ومتكونا من إرسابات نهرية (تحتوى على كميات كبيرة من المواد القلوية) ورمال متحركة من أصل بحيرى ودلتاوى . وهناك إلى الجنوب والشرق من هذا السهل الأوسط هناك مظهر تضاريسى مختلف وأكثر تعقيداً كونته الأنهار المؤقتة المنصرفة من جبال كوين لون Konen - Lun ، فى الشرق . ويؤدى هذا

التعقيد فى الصورة التضاريسية إلى وجود نسق أرسابى معقد يزيد من صعوبات التوصل إلى موارد المياه الجوفية إذا ماقورن بالأجزاء المرتفعة التى تقع إلى شمال وإلى الغرب .

ويمكن للرواسب فى السهول الساحلية أن تكون مصادر عامة للمياه الجوفية ، غير أنها كما هو الحال فى الأحواض الصحراوية غالبا ما يكون ترتيب وتنظيم الخزانات الصخرية بها على درجة كبيرة من التعقيد . فقد كانت السهول الساحلية فى الأراضى الجافة متأثرة بدرجة كبيرة بذبذبات منسوب البحر فى الزمن الجيولوجى الرابع بدرجة جعلت الإرسابات البحرية والإرسابات الأرضية قريبة من الخزانات الصخرية التى توجد على مناسيب مختلفة والتى تختلف فى كمية عطائها من المياه الجوفية . وتتطلب استراتيجرافية هذه الأراضى الساحلية فحصا دقيقاً أثبت استخدام وسائل المقاومة الكهربائية قيمته وأهميته ، كما ينبغى الشرح الدقيق لهذه الاستراتيجرافية إذا ما أريد الحصول على كميات من المياه الأرضية يمكن استخدامها استخداما إقصادياً . ولقد تمكن التوصل إلى نتائج جيدة ، على الرغم من ذلك ، فى السهول الفلسطينية التى تعطى كميات من المياه الأرضية تقدر بحوالى ١٠٠ متر مكعب / ساعة من المياه لأغراض الرى .

ولكى يكون الاستغلال الكثيف للمياه الأرضية ممكنا ، ينبغى تحديد إمكانية وجودها والحصول عليها ، كما ينبغى تحديد قدرة هذه الموارد المائية على الاستمرار والثبات . فلم يعد الأمر هو العثور على المياه من أجل سد حاجة منزلية ، بل أصبحت طبيعة المشكلة متصلة بكمية هذه المياه من ناحية والفترة التى يمكن أن تستمرها من ناحية أخرى ، فى ظل ظروف معدلات السحب التى يتطلبها نشاط إقتصادى معين . فعادة لا توجد هناك أية مشاكل فى المناطق المطيرة حيث تستمر مياه الأمطار فى إعادة ملء الخزانات الأرضية ، وذلك بأستثناء بعض المناطق التى تفوق متطلبات المصانع الحديثة معدل إعادة التشبع لتلك الخزانات الأرضية . وعليه فإنه يمكن أن تعود تلك الخزانات الصخرية إلى حالة التشبع مرة ثانية إذا ما توقفت عملية السحب منها لفترة

ما . أما فى المناطق الجافة التى تكون بها كمية الأمطار قليلة ومعدلات البخر مرتفعة فلا تكون هناك غير زيادة طفيفة فى رصيد المياه الجوفية فى بعض الحالات الاستثنائية ، غير أن هذا الرصيد سريعاً ما يتناقص . وفى الحقيقة فإن استخدام المياه الجوفية فى الأراضى الجافة يقوم على الرصيد المائى الذى حفظ أثناء الفترات المطيرة من عصر البليستوسين ، وعليه فإن المياه التى تستخدم للرى وسقى الحيوانات والتى يستعملها الإنسان تعتبر مياهاً حفرية Fossil Water . ولقد أتضح استنزاف المياه الجوفية فى نقص عطاء الآبار وانخفاض مستوى الماء الأرضى مما أدى إلى حفر آبار أعمق للوصول إلى الطبقات بالمياة الجوفية . وغالبا ما يكون استنزاف المياه الجوفية (استخدام الابار فوق طاقتها) نتيجة لعدم الفهم السليم لحالة المياه الأرضية ، ويرجع عدم الفهم هذا إلى عدم الإلمام بالمعرفة الخاصة بالمياه الأرضية أو قد يرجع إلى أن استخدام المياه الأرضية قد قام على نشاط أقتصادى غير منتظم أو موجه حسب الحاجة وحسب استخدام الوسائل التكنولوجية السليمة فى استخدام هذه الموارد المائية . وعليه فهناك أمران على درجة كبيرة من الأهمية فى المناطق الجافة يتمثلان فى تقدير رصيد المياه الجوفية وهذا يتطلب تعاوناً دولياً بسبب الأمتداد الكبير للخزانات ، ثم فى معرفة إمكانية إعادة تشبع خزانات المياة الأرضية . ولضبط موارد المياه الأرضية ينبغى للفاقد من هذه المياه أن يتحدد بإيجاد سجلات لكميات المياة المستخدمة . فهناك على سبيل المثال ازداد معدل السحب من المياه الجوفية الموجودة فى التسع أحواض الممثلة فى نهر جيلا Gila River وروافده فى صحراء أريزونا من سنة إلى أخرى ، أى من حوالى ١٫١١٠٫١٢٢٫٠٠٠ مترا مكعبا (٩٠٠٫٠٠٠ فدان / قدم)[١] إلى ٣٫٩١٩٫٩٩٩٫٤٤٠ متراً مكعبا (٣١٨٧٠٠٠ فدان / قدم) فى عام ١٩٥٠ . ولقد قدر معدل المياه المسحوبة بإنه يفوق كمية المياة المعوضة سنوياً بحوالى ٣٠ مرة على الأقل . وتعتبر مشاكل تقدير المياة المسحوبة فى واحات الصحراء الأفريقية والصحراء الليبية وصحراء شبه الجزيرة العربية مشاكل ضخمة

(١) واحد فدان / قدم = ١٢٣٣٫٤٨ م^3 أى كمية المياه اللازمة لتغطية فدان الأرض بعمق قدم واحد = ٢٧٢٠٥٠ جالون .

وجسيمة ، غير أنه من الضرورى معرفة رصيد مصادر المياة الجوفية قبل البدء فى محاولات تطوير هذه المناطق . ولقد عرف الكثير عن معدل إعادة تشبع خزانات المياه الأرضية لكثير من المناطق الصحراوية أكثر مما عرف عن معدلات السحب من تلك الخزانات .

والآن وقــد أدت مشكلــة إعــادة التشبــع إلى أستخــدام أسالــيب مختلفــة متصلة بأستكشاف واستعمال أنسب الظروف التضاريسية والإستراتجرافية والمائية . فينبغى أن تحول مياه الفيضانات إلى الأرض التى تتصف بأن صخورها على درجة كبيرة من النفاذية ، كما ينبغى أن تمنع من المرور على سطح أرض تساب منه عمليات البخر جانبا كبيراً من المياه . ومن أجل هذا الغرض أقيمت بعض السدود بالقرب من رؤوس المراوح الأرسابية لكى تساعد المياه على التسرب بسرعة فى الإرسابات الأخشن عند حضيض التلال . وقد أقيمت فى الولايات المتحدة الأمريكية خزانات حجز لتمسك مياه الفيضانات من أجل الإسراع فى عملية التسرب كما هو الحال فى منطقة لوس أنجلوس بولاية كاليفورنيا .

وإنه لمن حسن الحظ أن بعض الخزانات الصخرية التى يعتمد عليها استثمار قطاعات كبيرة من الأراضى الجافة تقوم الأمطار الفصلية التى تسقط على المناطق الجبلية المتاخمة لها بإعادة تشبيعها بالمياه . ففى الجزائر تشبع الآبار الارتوازية التى يعتمد عليها استغلال حقول البترول الجزائرية بما يسقط على جبال الأطلس من أمطار وبما يذوب من ثلوج ، كما تقوم المياه الذائبة من الثلوج من الجبال المحيطة بحوض تسايدام Tsaidem Basin فى آسيا الوسطى ، تشبيع الرمال والتكوينات الحصوية ، وينعكس هذا على الحياة النباتية الغنية فى تلك المنطقة . وعندما تكون عملية التشبيع طبيعية وعادية ، فإن المشكلة غالبا ما تكون متصلة بعملية التسرب الأرضى للمياه . وفى هذا الخصوص تعتبر الشطوط الجزائرية والتونسية أوضح الأمثلة على ذلك . ففى هذا الشطوط تنشط عمليات البخر من الخزانات الصخرية المعروفة بأسم تورانى Turonian

والتى تفقد منها آلاف الملايين من جالونات المياه سنوياً ، والتى تترسب فيها كميات هائلة من الإرسابات الملحية .

مشاكل الملوحة :

لا شك أن المياه المتسربة خلال صخور القشرة الأرضية تحمل معها بعض المعادن المذابة . وعندما تظهر هذه المياه على سطح الأرض فى صورة ينابيع أو تضخ من الآبار فإنها غالباً ما تكون مشبعة بهذه المعادن . وهناك نسبة معينة من هذه الأملاح يمكن تحمل وجودها فى المياه سواء أكان هذا بالنسبة للنباتات أو الحيوانات أو الإنسان .

وبخصوص الاستعمال البشرى فإن « المياه الحلوة Sweet water » كما توصف فى الصحارى المصرية والليبية هى التى يحتاجها الإنسان وذلك على النقيض فى المياه الغدقة أو الملحة التى تحتوى على نسبة كبيرة من كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) وأملاح أخرى ذائبة . ويمكن شرب المياه التى تصل فيها نسبة الأملاح الذائبة إلى ٣ آلاف جزء فى المليون من ملح الطعام بأنتظام فى ظل المناخ الجاف دون أية آثار مرضية ، ولكن إذا زادت هذه النسبة إلى خمسة آلاف جزء فى المليون فإنه لا يمكن احتمالها إلا لمدد قصيرة . أما إذا وجدت أملاح أخرى غير ملح الطعام فإن نسبة الأملاح الذائبة المسموح بوجودها ينبغى أن تكون عندئذ أقل بكثير . فتحتوى المياه فى واحة جالو Jalo التى تقع فى صحراء شمال ليبيا على (٧٫٤) من الـ pH ، وتعتبر درجة عسرها مرتفعة حيث تصل إلى ١٣٫٢ (وهذا معناه أن درجة العسر هذه لا يمكن التخلص منها بعملية الغليان) وتصل نسبة الأملاح الذائبة إلى ٣٨٨٠ جزء من المليون ، وهذه نسبة أعلى مما ينصح به طبيا وخاصة عندما توجد أملاح سلفات المغنسيوم وسلفات الكالسيوم وكلوريد الكالسيوم بكميات كما يبينها الجدول الآتى :

نسبة الأملاح الذائبة فى واحة جالو (جزء فى المليون)	
الكالسيوم	٢٣٦
المغنسيوم	١٣٢
البوتاسيوم	٢٣
الصوديوم	٨٣٤
الكلوريد	١٥٦٠
السلفات	٩٠٧
	٢٨٨٢

ويمكن لغير المقيمين والقادرين (المقتدرين) الحصول على المياه الحلوة من بوتافال Botafal التى تبعد حوالى ٤٠ كيلو مترا (٢٥ ميلا) من واحة الكفرا . أما سكان الواحة فليس أمامهم إلا أن يشربوا من مياهها التى أحياناً ما تكون ملوثة بالمخلفات العضوية الحيوانية . أو أن يأتوا بالمياه الحلوة من تلك الآبار التى تبعد عنهم بحوالى $\frac{٣}{٤}$ ميلا والتى لم تلوثها الحيوانات . وبعد فترات المطر ، ويمكن فى المناطق ذات المياه الملحة ، الحصول على مياه شرب جيدة تتراوح فيها نسبة الأملاح ما بين ٢٠٠ و ٢٠٠٠ جزء فى المليون حيث لا تمتزج مياه الأمطار المتسربة بالمياة المالحة مباشرة ، غير أن كمية هذه المياه تكون قليلة ويكون توزيعها غير منتظم حتى فى مسافات قد لا تصل إلى ١٠٠ باردة .

أما بخصوص الحيوانات المستأنسة فيمكن أن تكون كمية كلوريد الصوديوم الذائبة أعلى طالما لا تكون أملاح سلفات المغنسيوم موجودة فيمكن للخيول فى جنوب استراليا أن تعيش على مياه تصل فيها نسبة الأملاح الذائبة إلى ٦٢٦٠ جزء فى المليون ، وقد وجد أن أعلى نسبة يمكن لهذه الخيول أن تتحملها هى ٨٧٠٠ جزء فى المليون . وتعتبر الأغنام من الحيوانات التى تتحمل أعلى نسبة للملوحة وهى ١٥٦٠٠ جزء فى المليون ، أما الماشية فيمكن أن تعيش على مياة تصل نسبة الأملاح بها إلى ٩٤٠٠ جزء فى المليون . وتعتبر المياه ذات النسب العالية من الأملاح الذائبة أى أعلى من النسب التى يتحملها الإنسان والحيوان ، واسعة الانتشار فى الأراضى الصحراوية الجافة . وتصل إلى أعلى مستوى لها من الملوحة فى البحار الداخلية فى قارة آسيا وفى المياه التى تحد الصحارى الساحلية بطبيعة الحال . وتعتبر عملية التخلص من أملاح المياه الأرضية ومياه البحار ، من ثم ، من أعظم المشاكل التى ينبغى حلها إقتصادياً إذا كان رعى القطعان وزيادة السكان الناتجة عن ظاهرة التحضر أو العمران آخذة فى الزيادة .

أما مشكلة تحمل الأملاح بالنسبة للمحاصيل الزراعية فتعتبر غاية فى التعقيد حيث أن العلاقة وثيقة بين ملوحة المياه الأرضية والتربة ، وتعتبر السيطرة على منسوب الماء الأرضى أساس الزراعة على الرى واستصلاح الأراضى الملحة . فالتصريف غير الكفء هو المسئول عن فقدان التربة لخصوبتها بزيادة الأملاح فى الأراضى الجافة من الولايات المتحدة الأمريكية إلى الهند ، وذلك باستثناء التربة ذات القوام الخشن ، أى التى لا تحتفظ بالمياه الكافية لنمو النباتات . ولقد رأينا بعض النباتات فى المناطق الجافة لها من التركيب ما يقاوم الآثار الضارة لملوحة التربة والمياه الأرضية . غير أن المحاصيل الزراعية فى المناطق الجافة تعتبر حساسة للملوحة ، وأن المياه التى تستخدم فى المناطق الصحراوية ينبغى أن تكون درجة ملوحتها منخفضة نسبيا بحيث لا تتعدى ٧٠٠ جزء فى المليون . وهذه النسبة لا تقارن بما يمكن أن يتحملها كل من الإنسان والحيوان والتى تكون أعلى من ذلك . وهذا معناه أن عملية إعذاب المياه لأغراض الرى تعتبر عملية

غير إقتصادية . ويجب أن تعالج عملية التغلب على مشاكل الملوحة بالنسبة للمحاصيل الزراعية بأساليب مختلفة ممثلة فى الرى المنظم واتباع أساليب الرى بالرش أو بأختبار سلالات لمحاصيل زراعية على درجة عالية فى تحمل الملوحة . ولقد توصل بعض الباحثين إلى أن النباتات يمكن أن تكتسب تحملا للملوحة إذا استخدمت بذور استطاعت أن تؤقلم نفسها . وكانت هناك محاولات أخرى تناولت غمر (نقع) البذرة فى محلول ملحى لعدة ساعات قبل زراعتها ، فأدت هذه المحاولة إلى الزيادة فى محصول القطن فى الأراضى الملحية فى الاتحاد السوفيتى غير أنها لم تؤد إلى تغير فى درجة تحملها للملوحة ، وعندما استخدمت هذه المحاولة على بذرة القمح والشعير فى باكستان لم تأت بنتيجة . ولقد أوضحت بعض المحاصيل مثل البنجر والشعير تحملا للملوحة عن طريق زيادة الرطوبة فى التربة . وبصفة عامة تعتبر الخضروات معتدلة التحمل للأملاح وبخاصة « الجنجل Asparagus والسبانخ اللذان يعتبران أكثر الخضروات مقاومة ، أما الفجل والكرفس والبازلاء فتعتبر من الخضروات الحساسة . ويعتبر الأرز من المحاصيل الحقلية التى تتحمل الملوحة ، ومن المحاصيل الهامة التى تناسب التربة الملحية ، ويستلزم نموه ظروف رطوبة خاصة ، بمعنى أن التربة ينبغى أن تكون مغطاة بالمياه إذ يساعد ذلك على عدم تركز الأملاح فى الجزء المبلل من التربة « Wet zone » . كما يمكن زراعة الشعير والبنجر والقطن فى الأراضى الملحة ، وهناك بعض الحشائش التى أثبتت قدرتها على تحمل الملوحة . ومعظم أشجار الفاكهة — إذا ما استثنينا شجرة النخيل وإلى حد ما شجرة العنب — تعتبر حساسة بالنسبة للأملاح سواء فى التربة أو فى المياه الأرضية . وأشجار الفاكهة على سبيل المثال لا تنمو فى التربة السوداء الملحية فى أو كرانيا ، ذلك على الرغم من نمو شجرة البتولا Birch وشجرة الصفصاف Willow وشجرة الحور Aspen فى مثل هذا النوع من التربة فى أجزاء أخرى من الاتحاد السوفيتى ولا يمكن أن تؤدى ملخص قصير كهذا إلى أكثر من توضيح بعض المشاكل التى تواجه الزراع فى الأراضى الجافة بسبب ملوحة المياه الأرضية والتربة الملحية . غير هذا الملخص يشير إلى الحاجة الماسة للدراسة الخاصة يتحمل المحاصيل الزراعية الهامة

وأشجار الفاكهة ذات القيمة الاقتصادية للملوحة ، وهذه الدراسة يمكن إجراؤها فى أماكن كثيرة من العالم .

وتعتبر عملية إعذاب المياه ممكنه ، ولقد وصلت فعلا إلى درجة من التطور التكنولوجى جعلت سعر جالون أو لتر مياه الشرب لا يزيد كثيرا عن سعره من شركات المياه فى المناطق المطيرة . ويعتبر مشروع إعذاب المياه Gnernsey فى Channel Islands مثلا فى المناطق المطيرة للحصول على المياه العذبة من ماء البحر . تتطلب كل عمليات الإعذاب رأس مال كبير ، وطاقة ضخمة وعمالة على كفاءة عالية . وإذا ما استثنينا أقطار البترول الغنية فى منطقة الشرق الأوسط ، تعتبر هذه المتطلبات فيما عدا الطاقة الشمسية شحيحة . ويمكن إعذاب المياه بطريقة التقطير ، وبطريقة التبريد أو بطريقة الامتصاص الكيميائى ، حيث تعتبر المياه من المواد ذات المقدرة الكبيرة على الاحتفاظ بعناصرها ؛ بمعنى أن تعرضها للتباينات أو التغيرات الحرارية أو الكيميائية لا يؤدى إلى تغيير أو تعديل فى تركيبها الكيميائى . وحيث أن المياه تتصف كذلك بالمقارنة الكهربائية العالية ، فإن الأملاح المتأينة يمكن إزالتها بتمرير تيار كهربى فى المياه المالحة ، أى بواسطة عملية التحلل الكهربائى Electrodialysis . وتعتبر عملية التقطير الوسيلة الطبيعية أو العادية فى إعذاب المياه بأثر الإشعاع الشمسى على المحيطات عن طريق الدورة الجوية العادية . ويتطلب تحويل مثل هذه الطريقة إلى وسيلة صناعية وقودا باهظ التكاليف إلا إذا استخدمت الطاقة الشمسيبة كمصدر للحرارة . ولقد استخدم الروس ، فى كراكوم .Kara Kum ، مرايا أسطوانية لتركز أشعة الشمس على أنبوبة زجاجية تعمل كمسخن . وتمكن الروس بهذه الوسيلة من الحصول على ٧٥ ألف طن من المياه المرشحة فى السنة أستخدمت فى سقى الماشية . واتجه الأهتمام فى أماكن أخرى إلى مضاعفة التقطير العادى بواسطة الحرارة كما هو الحال فى Guernsey حيث يوجد عدد من وحدات تكثيف البخار يستخدم فى مجموعات . ويمكن الحصول على انتاجية عالية من المياه المقطرة لكل وحدة حرارية مستهلكة وذلك عن طريق ضغط بخار

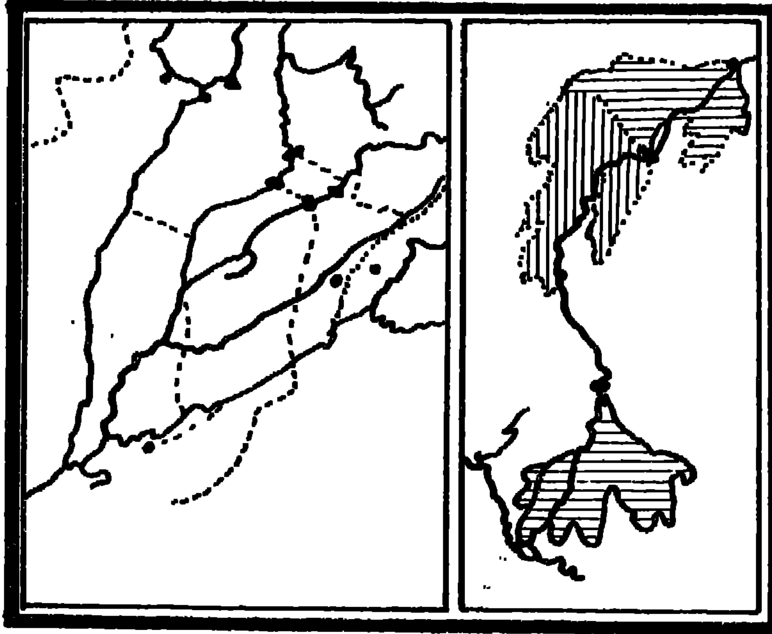
الماء الذى يعمل على مضخة حرارية ، ولكن مثل هذه الوحدة قد صنعت على نطاق صغير وتدار بقوة ماكينات الديزل ولقد استخدمت هذه الوحدات فى معسكر شمال أفريقيا أثناء الحرب العالمية الثانية ، ويستخدم بصفة دائمة فى مناطق الكشف عن البترول فى الصحارى . وتعتمد وسائل فصل الأملاح بطرق التبريد على الحقيقة العملية التى تقول بأن الأملاح الذائبة لا تتجمد عندما يتكون الجليد فى مياه ملحة عند درجة الصفر المئوى . فعندما تزال المياه المتجمدة من المحلول الملحى تذوب بعدئذ مياها عذبة . وهنا تعمل آلات ميكانيكية جنباً إلى جنب مع عمليات التبريد على إزالة المياه المتجمدة وفصلها عن المحلول الملحى . ولقد استخدمت عملية الفصل عن طريق التجمد فى الصحارى ذات الفصل الشتوى البارد فى الاتحاد السوفيتى أثناء تكون فترة الصقيع ، وذلك بملء بحيرات صناعية بالمياه المالحة ثم صرف المحلول الملحى بعد ما تصل الطبقة المتجمدة من المياه إلى حوالى نصف بوصة . ويتراوح الانتاج بهذه الطريقة حسب درجة التصقيع ، إذ يمكن الحصول على ما بين ٤٠ إلى ٥٠ لترا من كل متر مربع يوميا عندما تنخفض درجة الحرارة إلى ــ ٥°م ، ويصل هذا الإنتاج إلى ما بين ١٢٠ ــ ١٦٠ لترا يوميا لكل متر مربع عندما تصل درجة الحرارة إلى ــ ٢٠°م . ولكى تكون هذه المياه ذات قيمة ، فإنه ينبغى عمل الترتيبات اللازمة لخزنها واستخدامها فى الشهور الحارة من السنة . وهناك وسائل أخرى استخدمت بالضغط الأسموزى وإضافة بعض الكيماويات للتخلص من الأيونات الملحية . وواضح أن كل هذه الوسائل لا تعطى المياه الكافية لرى المحاصيل الزراعية بكميات كبيرة وبتكاليف يمكن أن يتحملها الزارع الذى يزرع أرضة من أجل عيشه . غير أن هذه المياه ستستغل بصورة متزايدة لاستعمالات سكان المدن ، ولربما يكون ذلك عن طريق استخدام الطاقة الذرية كمصدر طاقة أساسى فى المستقبل . ولقد أنشىء جهاز يقوم بعملية تقطير مياه البحر ويعطى ٥ مليون جالون يومياً فى الكويت مستخدما فى ذلك الغاز الطبيعى كوقود من حقول البترول التى تقع على بعد ١٥ ميلا . وحتى باستخدام هذا المصدر الرخيص من الطاقة فإن المياه العذبة التى أمكن الحصول عليها بهذه

الوسيلة مازالت غير رخيصة لاستخدامها فى رى المحاصيل . وعلى الرغم من ذلك فإن هذه الحالة تقف على طرفى نقيض بالنسبة لبلدة محرق Moharek على الخليج العربى التى حصلت فى نهاية القرن التاسع عشر على حاجتها من المياه العذبة من ينابيع تحت سطح مياه البحر . فعندما تكون مياه البحر أثناء فترة المد على عمق قامة (٦ قدم) أو (٢ مترا) فوق الينابيع يمكن للغطاسين ملء قربهم بأستخدام أنابيب من الغاب الرومى (البوص) ، فى حين أنه أثناء انخفاض المياه فإن النسوة يمكنهن ملء قربهن من الينابيع مباشرة .

وبالمقارنة ، فإنه يمكن القول بإن تلك الأجزاء من الأراضى الجافة التى تحصل على المياه من أنهار دائمة الجريان تعتبر أكبر خطأ . فلقد أعطت كل من الدجلة والفرات والنيل والسند المياة الكافية على طول الفترة التاريخية للأنسان ليقيم الحضارة النهرية Hydraulic Civilizations فى العالم القديم ، فى حين أعطى نهر الكلورادو فى العالم الجديد نفس الفرص التى استغلت أكبر استغلال فى فترات تاريخية أكثر حداثة . فتصل كمية المياه السنوية التى يعطيها نهر دجلة وحدة إلى ١٧٠٢٦ مليون متر مكعب ، وإذا أضيف لهذا القدر من المياه كل من الزاب الكبير والزاب الصغير ومياه أهدايم Ahdaim ، ونهر دياله Diyalah وبالطبع مياه الفرات ، تصل كمية مياه حوض الدجلة والفرات إلى أكثر من ٦٩٠٠٠ مليون متر مكعب فى السنة . إلا أنه على الرغم من ذلك ، هناك مناطق فى بعض هذه الأحواض النهرية | ليست لديها كميات المياة الكافية لعملية الرى للازمة للمتطلبات الزراعية ، إذا ينبغى أن نتذكر أن الماشية وحدها تستهلك ما يزيد على ١٢٥ مليون متر مكعب من المياه سنوياً فى العراق ومعظمها مأخوذ من قنوات الرى . ويأتى النيل كل عام بكمية مياه تصل إلى ٨٠٠٠٠ مليون متر مكعب ، إلا أنه تبعا لزيادة الأرض الزراعية والتوسيع فى عمليات الرى كان من الضرورى إنشاء خزانات للمياه خلال المائة عام الأخيرة .

ويعتمد استغلال مياه الأنهار الدائمة الجريان ، إلى حد كبير ، على نظام تصريفها الذى تتحكم فيه الظروف المتيورولوجية لمناطق المنابع أكثر من تلك الظروف الخاصة بالأجزاء الدنيا حيث فقدان المياه عن طريق البخر والتسرب الأرضى أو أخذ المياه لأغراض الرى ، يحدث بصورة واضحة . ففى النيل الذى تغذيه مياه الأمطار المدارية الصيفية من هضبة الحبشة ، وكذلك من خزان المياه الاستوائى لبحيرة فيكتوريا وبحيرة البرت فى مرتفعات شرق أفريقيا ، هناك أختلاف بين وواضح بين نظام التصريف الفصلى للنهر . ففى أثناء الفيضان تكون للمياه زائدة عن متطلبات المياه التى ذهبت عبر القرون للضياع بعمليات البخر فى المناطق المنخفضة التى تغمرها المياه من ناحية ، وفى البحر من ناحية أخرى . وعلى النقيض من ذلك فإن التصريف المائى فى أوائل فصل الصيف يكون منخفضا وغير كاف للمتطلبات الزراعية . وإنه لمن حسن الحظ أن النيل الأزرق والنيل الأبيض يكمل بعضهما الآخر من حيث نظام تصريف مياههما ، ففى شهر أغسطس يكون تصريف مياه النيل الأزرق أكثر من تصريف مياه النيل الأبيض بثلاثة أضعاف ونصف ، ولكن فى شهر مايو يكون تصريف مياه النيل الأبيض أكثر من تصريف النيل الأزرق بخمسة أضعاف ، وتظل هذه المياه تمد الزراعة الصيفية فى مصر لمدة طويلة . وبدون بناء السدود والقناطر فإن نظام الرى الدائم يكون مستحيلا . وكذلك كان ضروريا بناء السدود والخزانات على مجموعة أنهار جيلا ـــ كلورادو Gila - Colorado للتحكم فى كمية تصريف المياة ، فأدى ذلك إلى عدم دخول المياه إلى نهر الكلورادو من نهر جيلا عند نقطة التقائهما بالقرب من بلدة يوما فى صحراء أريزونا لسنين عديدة ، حيث حجزت المياه فى القطاع الأعلى من النهر بواسطة السدود مثل سد Cillespie , Coolidge على نهر جيلا ، وسد Roosevelt على نهر سولت أحد روافد نهر جيلا . أما فى وسط آسيا وعبر القوقاز فإن الأنهار تجرى بكميات مياه كبيرة فى فصل الربيع مستمدة من الثلوج الذائبة ، أما فى فصلى الربيع والصيف فيكون مصدر المياه من ذوبان الأنهار الجليدية . ولكى يمكن توزيع المياه التى تأتى بها الأنهار المختلفة فى أوقات متباينة من السنة كانت الحاجة ماسة إلى بناء السدود

وشق القنوات التى تربط تلك الأنهار ببعضها مثل قناة Creat Fergansky التى تحمل مياه نهر نارين Narin River إلى الانهار الاقل مائية فى وادى فرجانسكى فى جمهورية أوزبك . ويشبه هذا المشروع شبكة القنوات التى أقيمت على نهر السند وروافده (شكل ٩) ، والذى يتشابه فيهما نظام تصريف المياه . وبدأت هذه الشبكة ببناء قنطرة على نهر رافى Ravi فى عام ١٨٥٩ ، ثم شق قناة بأرى دواب الأعلى . ويزود نظام تصريف المياه لكل من الدجلة والفرات بمياه الينابيع وكذلك بذوبان الثلوج . التى توجد على المرتفعات الشمالية وهنا يكون الفيضان الرئيسى فى فصل الصيف .



شكل ٩ : (أ)مشروعات الرى المقترحة فى حوض السند الأعلى (متعدلة على خريطة Coode وشركاه ، المهندسن المدنيين) . وهذه بالاضافة إلى شبكه قنوات الرى القديمة فى « أرض الأنهار الخمسة » .

(ب) المناطق المروية والمزمع ريها فى حوض السند .

عن : (Huntings)

وتتطلب المحاولات التى تبذل عن أجل تنظيم مياه الأنهار الدائمة الجريان وكذلك من أجل الحفاظ على مياه الأمطار فى خزانات وكذلك من أجل ضخ المياه الجوفية وخزنها لاستخدامها فى رعى الماشية ، للتغلب على مشاكل إطماء الخزانات والتقليل من عمليات البخر والتسرب الأرضى للمياه . فقد غطت الخزانات المائية فى صخور الحجر الجيرى الأيوسينى غير المنفذة للمياة فى منطقة الجبل الأخضر فى شمال برقة كما هو الحال فى الصفصاف (شكل ٢) بالقرب من بلدة شحات بسقف من كتل الحجر الجيرى التى قطعت وشكلت بأحجام معينة من المحاجر المجاورة . وعليه فيجب أن يقلل البخر من هذه الخزانات إذا أريد للمياه ألا تضيع هباء ـــ فيمكن أن تصل كمية البخر إلى حوالى ٥٠ ٪ من كمية المياه المفقودة فى الخزانات الضحلة ، ويمكن أن تصل إلى ٢٠ ٪ فى الخزانات العميقة . ولقد أمكن التبين فى جنوب استراليا من أن نسبة المياه المخزونة التى تصل إلى أقل من ٦ : ١ تعتبر غير أقتصادية .

معدل التخزين (نسبة التخزين = كمية المياه ا حجم الخزان / حجم الخزان : ١

وإذا صعب بناء سقف حجرى لخزانات المياه وبخاصة الخزانات الكبيرة ، يمكن تغطية سطح المياة بطبقة كيمائية رقيقة من مادة الهكساديكانول (Cetyl alcohol) Hexadecanol التى يمكن أن تغطى سطح الخزان إذا ضخت من قارب صغير . غير أن هذه الوسيلة تبدو لسوء الحظ قاصرة على الخزانات الصغيرة نسبياً (التى تبلغ فى مساحتها ١ هكتار أو ٢٫٤٧ فدان) ، التى لا تسمح إلا بمسطح مائى صغير المساحة ، وإلا تصبح الأمواج كبيرة بدرجة يصعب معها الإبقاء على إتصال هذه الطبقة الكيميائية الرقيقة . كما كانت هناك محاولات للتغلب على عملية التسرب الأرضى تضمنت وضع طبقة لزجة فوق أرضية الخزانات الصغيرة وفوقها طبقة من الطين وذلك لحمايتها ضد حوافر الحيوانات ، وكذلك بسد الفتحات الموجودة فى التربة والفتات الصخرى بمواد كيميائية وبأستخدام الصلصال والتربة كمادة لاحمة . ويتوقع المرء تقدما

فى ميدان محاولات التقليل من عمليات البخر والتسرب التى تصيب المياه المخزونة .

ولم تكن هذه سوى إلمامة عامة لمشاكل مصادر المياه فى الأراضى الجافة . فالمياه يمكن الحصول عليها مباشرة من الأنهار الدائمة وغير الدائمة وكذلك من المسيلات السطحية الناتجة عن رخات المطر المؤقتة . ولقد أهتم الإنسان منذ بداية الحضارات بالاستفادة من هذه الموارد المائية فى أوجه نشاطه الأقتصادية المتنوعة حسب ظروفه الاجتماعية والاقتصادية . ما هى نوعية استخدام الأرض التى يمكن أن تكون فى الأراضى الجافة ؟ فكان الاستخدام التقليدى متصلا برعى الحيوانات وكذلك الزراعة المعيشية القائمة على الرى مع أختلاف واضح بين وسائل الحياة ومستوى المعيشة . ولكن الآن أصبحت الصحارى أكثر عمرانا وأصبحت الآن الزراعة التجارية وأصبحت هناك مناطق للترفيه ، وكذلك تعدل الأسلوب البدوى المتنقل للحياة ، أو أنه قد أختفى كلية من بيئته ، وفى كل حالة من هذه الأحوال أرتبط التطور بإمكانية المحافظة على المياه ـــ وتلك هى الوسيلة التى تساعد على التمييز بين كل من المناطق الجافة والمناطق المطيرة فى استخدام الموارد المائية .

الفصل السادس

الزراعة فى الأراضى الجافة

الزراعة فى الأراضى الجافة

يرى كثير من الناس أن الزراعة تقتصر فى المناطق الجافة على الواحات والأودية النهرية فى العالم القديم « قديما » ، أو أنها نتيجة لنظم الرى الحديثة والمتطورة ذات التكاليف الضخمة التى أستخدمها الأمريكيون فى الجنوب الغربى الجاف ، وفى غرب الهند نتيجة لمشروعات مهندسى الرى البريطانيين ، وفى شمال غرب أفريقيا بسبب مجهودات الفرنسيين ، والتطويرات الواسعة النطاق على النيل فى مصر والسودان فى منتصف القرن العشرين . وإن كان الرى منذ القدم يعتبر استجابة تكنولوجية أكيدة للظروف البيئية فى المناطق الجافة ، إلا أنه يتطلب لنجاحه مستوى عال من التنظيم الاجتماعى والتكنيكي المشروع . غير أن الزراعة الجافة تعتبر ممكنة فى المناطق التى تقل فيها رطوبة التربة والهواء ، كما أنها قديمة قدم الزراعة القائمة على الرى . وقد يثار هنا أن مثل هذه الزراعة الجافة تتطلب معرفة وثيقة وأكثر دقة بالبيئة ، كما تستوجب فهما لدقائق الحفاظ على التوازن بين رطوبة التربة وما يحتاجه النبات من مياة . ومع ذلك ، فكلا النمطين من الزراعة يعولان أعداداً كبيرة نسبيا من البشر على الصعيدين المعيشى والتجارى ، كما تعرض كلاهما لإخفاق المحاصيل وللكوارث الإقتصادية والمجاعات . كما أدى هذان الأسلوبان فى الزراعة إلى تغيرات كبيرة فى البيئة ، وذلك بتدمير مواد التربة عند أستخدام نظم الزراعة الرطبة دون وعى خصوصا فى الهامش المتذبذب بين المناطق الجافة والرطبة ؛ هذا من ناحية ، وبإجداب التربة نتيجة تشبعها بالمياه وأرتفاع نسبة الأملاح بها من ناحية أخرى . وتبين الأمثلة العديدة من العالمين القديم والجديد أن علاقات الإنسان ببيئته فى الأراضى الجافة كانت مشحونة بالصعوبات المتوقعة فى ظل ظروفها المناخية غير المستقرة ، كما تبين هذه الأمثلة أن أعمال الإنسان قد زادت من مشكلات هذه البيئة ، ومن حدة الجفاف بها أحياناً .

وقد يبدو ، من ثم ، غريبا أن الأراضى الجافة فى جنوب غرب آسيا ومثيلاتها فى العالم

الجديد ، هى بغير جدال مواطن قيام النشاط الزراعى من فلاحة الأرض وتربية الحيوان . فقد اكتشف رجال الآثار الدليل شبه المؤكد على استزراع الحبوب كالقمح والشعير وكذا استئناس الحيوانات كالأغنام والخنازير والمعز والماشية قديما فى هذه المناطق . وإنه لمن الصعب تأكيد تحديد مواطن زراعة الحبوب على الرغم من إمكانية تميز الحبوب المزروعة عن الحبوب البرية حيث إن بذور القمح المزروعة مثلا أصغر حجما وأقل خشونة منها فى حالتها البرية . ونادرا ما تبقى البذور محفوظة فى مواضعها الأثرية ما لم تكن مطمورة فى أوعية فخارية ، أو ما لم تكن فى صورة متفحمة ، إلا أن اكتشاف المناجل الصوانية وأحجار الطحن ليبين استخدام الحبوب ولو من النوع البرى كغذاء . ولربما جمع صيادو الحيوانات ومستأنسوها ، وكذلك مستزرعوا النباتات ، بذور كل من القمح والشعير البريين وجودها الفصلى بكميات وفيرة . ولما كانت الحشائش البرية ذات خصائص تساعد بذورها على الانتشار السريع ضمانا لتكاثرها على نطاق واسع وحفاظا على نوعها ؛ فالأرجح أن يكون الإنسان القديم قد قام بحصد تلك البذور التى بقيت لأسباب وراثية لفترة طويلة فى سنابلها . عندما نشأت فكرة زراعية فائض المحصول السابق ، فقد قلل الاستمرار فى عملية الانتخابات هذه ، من وجود الأنواع السريعة الإنتشار فى المناطق التى كان الإنسان يقوم بزراعتها .

ولقد تحقق للإنسان فى تقييمه للبيئة أن المناطق التى تضافرت فيها التربة والرطوبة قد ساعدت على الزراعة والإنتاج ، وهيأت أماكن إستقرار أفضل لتوفر الماء له ولحيواناته من تلك المناطق العالمية التى وإن كانت الأمطار فيها بدرجة يمكن للانسان الأعتماد عليها إلا أن الحبوب البرية قد أكتشفت بها فى حالتها الطبيعية .. ويرى بعض علماء النبات أن دخول الحشائش لهذه البيئات الجديدة قد نتج عنه تغيرات كبيرة فى تركيب النباتات المنتجة للحبوب بفعل الطفرات والتهجين ، بدرجة لم يعد معها النوع المزروع بقادر على تحمل بيئة كتلك التى أنحدرت منها أسلافه البرية . ففى حوالى الألف الخامسة قبل الميلاد زرعت هذه الحبوب فى أراضى ما بين النهرين (ميزوبوتاميا)

الفيضية السهلية وكذلك على المراوح الإرسابية المائية Alluvial Fans وتجمعات الفتات الصخرية Detritus Srpeads عند حضيض منحدرات التلال والأحواض الجبلية .

وفى هذه المنطقة أيضا . يمكن بوضوح مشاهدة تطور أساليب الزراعة فى الأراضى الجافة ، من زراعة تعتمد على السقوط الفصلى للأمطار الشتوية والربيعية على المرتفعات التلالية — تلك التى كان ولا يزال ضمان كميتها وحدوثها أبعد ما يكون عن حدود سيطرة الإنسان الفنية ، أى الزراعة على المطر أو الزراعة الجافة — إلى الزراعة فى قيعان الأودية التى أنحسرت عنها مياه الفيضانات التى تستفيد بالمياه الجارية غير المنتظمة فى تعزيز الأمطار التى تسقط على فترات متباعدة . وأمكن أخيرا أستغلال مساحات بصفة مستمرة ، بالقرب من الأنهار الدائمة الجريان أو عند أماكن أنبثاق كميات وفيرة من الماء الأرضى ، والتغلب على أخطار الفيضان بإنشاء نظام من القنوات وصونها لحمل المياه متى وحيثما تكون الحاجة إليها — أى الزراعة على الرى بالمفهوم الحقيقى للمصطلح . وإن هذا لهو الهيكل العام لأساليب إنتاج الحبوب والفواكه والخضر الذى يسمح لنا بإقامة نظام لتصنيف ووصف الزراعة فى الأراضى الجافة .

وقدم الزراعة على المطر ، أى الزراعة الجافة كما تسمى الآن ، عادة معروفة جيدا ، غير أن أساليب هذه الزراعة قد مرت بمراحل مختلفة من التطور فى العالمين القديم والجديد وكذلك فى إستراليا ، بإستخدام أسلوب المحاولة والخطأ بهدف إنتاج أكبر قدر من محاصيل الزراعة فى أقصر فصل نمو ممكن وبأقل من المياه المستمدة من الأمطار أو من الرطوبة المختلفة فى التربة . ومن أشهر محاصيل الزراعة الجافة القمح والشعير والذرة والدخان والذرة الرفيعة ، وهى أكثر أهمية من المحاصيل البقولية ؛ غير أن زراعة البرسيم الحجازى والبرسيم والبازلاء قد نجحت أيضاً فى أماكن أخرى . وبالرغم من ذلك ، فمهما أختلفت الأساليب وتنوعت المحاصيل ، فإن الزراعة على المطر لا تنجح فى الأراضى الجافة الحقة ، وأن معظم الزراعة الجافة الهامة تكون فى الأراضى شبه الجافة ، وبخاصة فى المنطقة الهامشية بين النطاقين الجاف والرطب ، تلك المنطقة التى ، على الرغم من ذلك ، قد شهدت أفدح كوارث استغلال الأرض .

وتعتبر أساليب الحفاظ على المياه أساسية فى ممارسة الزراعة الجافة ، ويتم تخطيطها بحيث تضمن سرعة تسرب مياه الأمطار فى التربة الحيلولة دون تبخرها ، حتى تحفظ هناك لوقت حاجة النبات إليها . وينبغى تحاشى فقدان المياه بعملية النتح عن طريق الأعشاب بتنقية الأرض منها قبل البذر ، كما ينبغى أن تتم عملية البذر بأسرع ما يمكن للنباتات المتحايلة على الجفاف للاستفادة من الرطوبة الموجودة بالتربة . ونظرا لأن كميات المياه فى التربة تكون قليلة حتى فى ظل أحسن الأساليب الزراعية ، لذا يجب زراعة النباتات على مسافات متباعدة . وللتربات الرملية مزايا عديدة ، إذ تساعد على سرعة تخلل مياه الأمطار فى التربة وتقلل من فقدان المياه عن طريق البخر عقب أنتهاء المطر ، حيث أن الرطوبة لابد وأن تمر كبخار فى ثنايا التربة بالقرب من السطح أكثر من مرورها كسائل بفعل الخاصية الشعرية . وعندما تقلل نسبة الرمال فى التربة ، يصبح من المهم وجود طبقة سطحية خالية من الحشائش جافة الهواء ، تستجيب لحرث زراع القمح والشعير المعيشيين لها بالمحاريث غير العميقة ، وذلك كما هو الحال فى أراضى البحر المتوسط شبه الجافة فى العالم القديم . والهدف هو إنتاج طبقة واقية جافة تزداد لا بترك الأحجار فى مكانها فى الحقول فحسب بل بنشرها مع القش على سطح الأرض فتقلل من فعل الرياح . وتؤدى كثرة الحرث غير العميق لهذه التربات ترتفع بها نسبة المواد الدقيقة إلى طبقة ترابية سطحية لا تلبث أن تتماسك ذراتها قطرات مياه الأمطار ثم تهبط فتسد مسام التربة مؤدية بذلك إلى تكوين طبقة سطحية شبه صماء تقلل من كمية الماء السطحى المتخلل . وتحمل المواد الدقيقة خلال فترات الجفاف بفعل الرياح على شكل سحب ترابية ، وترسب فى الاتجاه الذى تهب إليه الرياح فتفسد مساحات كبيرة . وعليه تتضح ضرورة قيام توازن جيد بين عمق الحرث وعدد مرات حدوثه ، وهو ما لم يتحقق دائما ، ويتبين هذا من ترك الأرض بسبب تعرية التربة أو قلة العائد الأقتصادى كما هو الحال فى الولايات المتحدة الأمريكية . ومن جهة أخرى فقد نجحت أنواع من الزراعة الجافة على درجة عالية من التخصص فى ظروف بيئية غير مشجعة كما هو الحال فى زراعة الذرة والفاصوليا التى قامت بها جماعة الهوبى Hopi الهندية على الكثبان الرملية

فى جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية ، وهى كما هو معروف مصدر هام لحشائش الرعى القصيرة التى ترعاها حيوانات الشعوب الرعوية المتنقلة فى الصحراء الكبرى .

ولقد أثبتت التجارب التى أجريت فى المحطات الزراعية فى الأراضى الجافة استنفاذ المحاصيل لرطوبة التربة تماما فى وقت الحصاد ، بحيث لا يبقى احتياطى من هذه الرطوبة لفصل النمو التالى . والاحتفاظ برطوبة التربة من سنة لأخرى مطلب واضح ، إذا ما أريد الحصول على إنتاج جيد من المكان الملائم لتغذية النباتات فى الطبقات العليا من التربة . وقد أكتشف الزراع فى المناطق الجافة هذا المعيار فى وقت مبكر بتطبيق نظام إراحة الأرض .

وإراحة الأرض سنة كل سنتين أو ثلاث عامل أساسى فى زراعة الحبوب ، فالتضحية بمحصول سنة فى قطعة من الأرض يضمن الحصول على محصول جيد فى السنة التالية . ويؤدى تطبيق هذا الأسلوب بدوره إلى نمط من الزراعة المتنقلة للزراع المعيشيين . ولقد أهمله الزراع الأريبون القدامى فى غرب أمريكا الشمالية بما كان لذلك من نتائج سيئة ، وتعتبر إراحة الأرض عملية إيجابية إذا ما أريد تحقيق أفضل النتائج ، غير أنها تتطلب عناية (خدمة) زراعة دائمة . وعند الحصاد تترك الأجزاء السفلى من سيقان النباتات فى الحقول ، ولكن المشكلة تبدأ فى الظهور عندما تأخذ الأعشاب الضارة فى النمو ؛ فهى تبدد بالنتح رطوبة التربة التى يجب العناية بالمحافظة عليها . ويؤدى حرث الأرض إلى خلوها من الأعشاب الضارة كما يحول دون تماسك التكوينات السطحية للتربة فى صورة طبقة صماء غير أنه يعرض سطح الأرض لتعرية الرياح وفعل الأمطار . وحيثما تتوفر الآلات المناسبة لإزالة الأعشاب الضارة دون المساس بأعقاب النباتات الواقعة للتربة ، فإن إراحة الأرض دون حرثها تعتبر البديل الذى يجب العمل به . كما يبدو أن إراحة الأرض تؤدى إلى زيادة النيتروجين فى التربة بسبب نشاط البكتريا فى مثل هذه الأراضى التى تلائم رطوبتها ودرجة حرارتها ذلك النشاط البكتيرى . ويزيد نظام إراحة الأرض من وجود الأجزاء المزروعة فى المناطق شبه الجافة خصوصاً فى العالم

القديم على هيئة بقع متناثرة ، وغالبا ما يصحب ذلك التحول إلى اسغلال بديل الزراعة ، فإما رعى الحيوانات وإما استغلال الموارد الغابية استغلالا مركزا كتغذية الخنازير على ثمار أشجار الزان ، أو قطع الفلين وجمع التين ، كما هو الحال فى أجزاء من حوض البحر المتوسط .

ويعتبر استخدام الدورة الزراعية مع نظام إراحة الأرض الخطوة التالية فى تحسين أساليب الزراعة الجافة . وقد تمتد هذه الدورات لفترات تشتمل كل فترة منها على عدة سنوات ، وعادة ما تضم أحد محاصيل الحبوب ، ومحصولا من محاصيل الغرس (كالذرة) وكذا محاصيل العلف والبقول بالإضافة إلى تلك المساحات من الأرض التى تترك لإراحتها . ولقد ثبت أن القمح والذرة يكونان تآلفا مناسبا فى السنتين الأوليين من الدورة فى السهول العظمى بالولايات المتحدة الأمريكية ، حيث تحفظ صفوف نبات الذرة رطوبة الأرض غير المزروعة بينها . أما فى استراليا فيعتبر القمح أكثر المحاصيل أهمية ، وقد يزرع بعده الشوفان وتترك مساحة الأرض لإراحتها ، أو قد يزرع بعده الشوفان وأحد محاصيل العلف الأخضر . ويبين الأخير أهمية أساليب الزراعة المختلطة فى بعض مناطق الأراضى الجافة . وحتى فى ظل أفضل الظروف ملاءمة ، فالزراعة الجافة هى بالضرورة نمط من الزراعة الواسعة لا تلائم أو تسمح لأسباب إقتصادية بأستخدام الأسمدة العضوية والمخصبات الكيماوية ، نظراً لأن كمية الرطوبة الموجودة بالتربة لا نفى بحاجات النبات إذا زاد نموها بفعل هذه الأسمدة وتلك المخصبات . ونظراً لانخفاض غلة هذه المناطق ، يلزم زراعة مساحات أكبر من تلك التى تزرع فى الأراضى الرطبة للحصول على كمية مساوية من الإنتاج . ولا يتضح ذلك فى أى مكان بمثل ما يتضح فى تاريخ استغلال الأراضى شبه الجافة فى الجنوب الغربى الأمريكى حيث منح الزراع مساحات غير كافية بمقتضى مشروع Homestead Acts . ويقضى قانون ١٨٦٢ بمنح كل قاطن مساحة ٦٤٫٧٥ هكتاراً (١٦٠ فدانا) بعد استقراره فترة خمس سنوات فى استزراع هذه الأرض ، ولربما توافق ذلك مع حدوث دورات مناسبة من سقوط الأمطار مما أدى إلى تفاؤل لم يدم طويلا من حيث إمكانية نجاح استغلال هذه المنطقة بأساليب

الزراعة الجافة ، ذلك النطاق الذى كان مسرحا للرعاة أساساً معتمدين فى حياتهم على المجارى المائية الدائمة أو الينابيع الغنية بمياهها . وسرعان مادالت دولة الرعاة بعد أن بلغ الرعى قمته عام ١٨٨٢ ؛ كما أضمحل أزدهار قطعان الماشية ، وتجمع المنتفعون من هذا النظام فى نطاق أراضى الحشائش الجاف نسبيا الذى قامت بدراسته الهيئة الفدرالية برئاسة J. W. Powell . ولقد أوضحت نتائج دراسة هذه الهيئة أن مساحة المائة وستون فدانا التى تكفى لمعيشة أسرة فى الشرق الرطب لانفى بحاجة مثل هذه الأسرة فى الغرب الجفا . وعليه فقد أوصى J. W. Powell بألا يمنح كل منتفع مساحة تقل عن عشرة كيلو مترات مربعة (٤ ميل مربع ٢٥٦٠ فدانا) ، كما يجب دراسة الأرض دراسة علمية قبل أن يتم الاستقرار بها . كما أكد J. W. Powell ضرورة أخذ نمط التصريف النهرى فى الاعتبار عند توزيع الأراضى كما لا ينبغى تقسيمها إلى مستطيلات . ويعزى فشل الأمريكيين فى استقرار الزراعة الجافة إلى فشل الحكومة فى تنفيذ هذه التوصيات ، كما يرجع إلى الدعايات المغرية التى شجعت « المنتفعين Homesteaders » على زراعة الأراضى الجافة بأساليب الزراعة |الرطبه غير الملائمة . كما أثبت هذا الإنخفاق عدم مراعاتهم للظروف البيئية وكيف كان من السهل تدمير الموارد البيئية الأساسية من تربة ونبات طبيعى . وبالمقارنة فقد استمرت نظم الزراعة الجافة الدقيقة والمتكاملة بنجاح فى شمال إفريقيا حتى الوقت الحاضر ، وتسود هذه الأساليب معظم الأراضى الزراعية فى هذا الجزء ، فينمو الذرة فى المغرب على ساحل مراكش الأطلسى دون ، غير أن أوضح الأمثلة على الزراعة الجافة تتمثل فى صفاقس بتونس حيث تزرع تجمعات الزيتون على نطاق واسع فى التربات الرملية الملائمة على أمطار تقل عن ٢٥٤ ملليمتراً (١٠ بوصة) سنويا . ومن الطريف ما رآه « باول » من أن الزراعة الجافة ممكنه ، فقط فى المناطق ذات التربات الرملية . وتعزيز رطوبة التربة مما يسقط على المنطقة من أمطار بالاستفادة من المياه السطحية ذات المجارى المحددة أو غير المحددة ، يؤدى من شأنه إلى الأهتمام بأساليب الزراعة التى تضم شبكة دقيقة متشعبة من المشاريع المائية التى ينبغى أن ترتبط إرتباطاً وثيقاً بتفاصيل سطح الأرض ، ونظم التصريف النهرى ،

والمستويات التكنولوجية ، والتنظيم الأجتماعى ، وكذا الموارد المالية . فمن جهة ، هناك السدود البدائية التى يلقى بها عبر مجارى المنحدرات الصغيرة التى قد تجرى فيها المياه سنة كل عشر سنوات . ومن جهة أخرى فهناك السدود الضخمة المقامة على الأنهار الدائمة الجريان والرئيسية فى العالم مثل النيل والسند والكلورادو . ويصعب تحديد المنسوب الذى تنتهى عنده الزراعة الجافة على المياه الجارية وتبدأ عنده الزراعة على الرى إلا وفق مدى مساهمة النشاط البشرى فى ذلك . فحينما تزود الحقول بالمياه بواسطة مياه الفيضان الناتجة عن رخات الأمطار الفصلية على المنحدرات والمراوح الإرسابية المائية أو فى مجارى الأنهار ذات الفيضانات الفصلية ، تكون الزراعة عندئذ نوعا من الزراعة الجافة فى ظل ظروف تضاريسية (أرضية) معينة رغم أنها قد تشتمل على بعض المحاولات البدائية للتحكم فى المياه وتحويلها . وقد ميز هذا النوع من الزراعة كثيرا عن الزراعة على الرى ، وغالبا ما تعرف بالزراعة على الفيضان (الفيضية) أو الزراعة فى قيعان الأودية بعد أنحسار المياه الفيضان عنها .

وتوجد أبسط أساليب الرى فى أجزاء عديدة من العالمين القديم والجديد كما هو الحال فى تونس وإقليم طرابلس ، أو فى جبال إيران وبلوخستان ، أو قديما فى جنوب غرب كلورادو . وتقام السدود من الأحجار والشجيرات على مجارى الأنهار الصغيرة الوقتية ، أو حتى عبر الأحواض الضخمة على منحدرات التلال لوقف المياه المحددة وغير المحددة الجريان ، وتقليل حدة النحت الخطى وكذلك التقليل من التعرية على نطاق واسع . وهيأ ترسيب الغرين الذى كان يجرف على المنحدرات وعلى طول المجارى المائية خلف هذه السدود ، تربة ملائمة لنمو النباتات . تؤدى الفيضانات الفصلية أو الوقتية إلى تكوين طبقات جديدة من الغرين ، فتجدد بذلك خصوبة التربة . أما مشكلة تقويض هذه السدود البدائية بفعل رخات الأمطار القصيرة العنيفة غير المألوفة ، فقد حلت بإقامة سدود متتالية على طول هذه المنحدرات . وقد لا تتعدى أهمية هذا النظام المحافظة على المياه لفترة أطول مما قد يحدث بوسائل أخرى ، غير أنه

قد يزاد عليه تدريج منحدرات التلال بشكل يؤدى إلى تقليل سرعة جريان المياه على طول هذه المنحدرات ، وزيادة الوقت المتاح للتسرب المائى .

وتهيىء قيعان الأنهار الكبيرة فى المناطق ذات الأمطار الفصلية قيام نوع من الزراعة على الفيضان يكون الحصول فيه على المياه مضمونا بدرجة أكبر ، إلا أنها تواجة مشكلات السيطرة على سيول الفيضانات اللاحقة المدمرة التى قد تغمر أو تكتسح رسابات الغرين المختلط بالحصى والحصباء الكبيرة . وعلى الرغم من ذلك ، فقد مارست جماعة الهوبى Hopi الهندية الزراعة فى قيعان الأودية التى انحسرت عنها المياه الفيضان (بصورة أنجح من زراعة السهل الفيضى) فى هضبة الكلورادو ، ووادى ريوجراند بالولايات المتحدة الأمريكية ، كما استخدمها الفلاحون فى وادى إبرو Ehro فى قطالونيا بشمال شرق أسبانيا . حيث أن المظاهر الجيومورلوجية التى يتميز بها قاع الوادى النهرى تشتمل على مجموعة من القنوات الدائمة الاتصال والانفصال ، والتى تختص كل قناة منها بنسقطولى من الإرسابات الغرينية والرملية والحصوية ، فإنه ليبدو واضحاً أن يكون هناك نمط مماثل فى زراعة الحيوي يتغير من سنة لأخرى تبعا لتغير تلك القنوات .

ويتكرر عدم الاستمرار فى نمط الزراعة على المراوح الإرسابية المائية التى تؤدى إلى حدوث مشكلات خاصة بالاستغلال وذلك عندما تفوق عمليات النحت عمليات الإرساب . ويعتبر بناء الشكل المخروطى العملية المميزة لفعل الأنهار وذلك نتيجة التغير الفصلى فى مجاريها التى نادرا ما تتعمق فى سطحه ، ومن ثم تصبح مشكلة الزراع هى التأكد من القنوات التى ستجرى فيها مياه الأمطار القادمة . ويستلزم هذا بناء نوع من الجسور البسيطة لحفظ المياه فى القنوات المختارة لزراعة المحاصيل بها عندما تقل الأمطار . وما هذه التطويرات إلا خطوة أكثر تقدما من مجرد تحويل المياه بواسطة السدود الطينية أو الخنادق . ويؤدى استخدام هذه التحسينات إلى نقل المياه حيث تلك المناطق التى لا تتمتع بأى من النمطين سالفى الذكر (الزراعة فى قيعان الأودية

عقب أنحسار مياه الفيضان عنها ، والزراعة بواسطة تحديد مسارات مياه الفيضانات فوق المراوح الإرسابية) ـــ ذلك النظام المطبق فى حضيض جبال أطلس بتونس بأستخدام السدود والقناطر وقنوات التحويل التى تؤدى بالمياه إلى الجهات التى أختيرت خصيصاً بفضل طبيعتها وتكويناتها السطحية التى يسهل معها تسويتها وتدريجها . هذا وقد استخدمت قنوات تحويل المياه من أمام السدود المقامة على الأنهار الفصلية ، وتحويل مياه الفيضانات الفصلية إلى المناطق الحوضية التى أختارها الزراع لخصوبتها ، والتى كثيرا ما استخدمها جماعة « الهوبى » الهندية والمصريون القدماء . وكانت زراعة المحاصيل الشتوية كالقمح والشعير والعدس والبصل والكتان ممكنة فى وادى النيل حيث الفيضانات المنتظمة وكمية المياه الكافية التى تسمح بالزراعة الحوضية . وقد استفاد هذا النظام فى الأصل من تحدب السهل الفيضى على طول المجرى المائى ، حيث يبنى النهر جسورة الطبيعية من مواد أكثر خشونة بينما يلقى بالغرين الناعم على سطح الأرض الأكثر انخفاضا خلف تلك الجسور عندما يبلغ الفيضان أقصاه . ويمكن عقب انخفاض الفيضان تربية الحيوانات وزراعة الحبوب على الأراضى ذات التكوينات الدقيقة التى لا تزال محتفظة برطوبتها ، وذلك على الرغم من أن خطر الفيضانات الفصلية قد حدد الاستقرار الدائم على الجسور الطبيعية العالية وعلى الضفاف النهرية . وتهيء ظروف الدلتا فرصاً مماثلة للزراعة الحوضية عن طريق قنوات التحويل أو بدونها ، وذلك على الرغم من أن امتداد المناطق المزروعة يكون هنا بشكل طولى نظرا لارتباطها بالأفرع النهرية التى تمتلؤ فصليا بالمياه . وفى ظل ظروف الفيضان الفصلى هذه ، يتجنب الزراع إجهاد التربة وذلك بالتشديد على عدم زراعة أكثر من محصول واحد سنويا ، فيسلمون من مشكلات تراكم الأملاح فى التربة وتشبعها بالمياه .

وعلى الرغم مما قيل كثيرا من أن مصر هبة النيل وطميه ، فمن المؤكد أيضا أن إراحة الأرض الإجبارية التى فرضها الفيضان الفصلى كانت مساوية من حيث الأهمية . فتسمح إراحة الأرض فى كثرة أنحسار مياه الفيضان عنها بتهوية التربة كما يساعد تفتح

مسامها على غسل ما بها من أملاح بمياه الفيضان التى تجدد خصوبتها أيضاً بما ترسبه عليها من غرين . وتؤدى استجابة الزراع لهذا النظام إلى تجنب جذب التربة الناتج عن تركز الأملاح فيها وتشبعها بالمياه ، وهما من عيوب الرى المستديم . ومهما كان الأمر ، فالرى الدائم مزاياه العديدة التى تفوق مزايا الرى الفصلى ، من حيث الغلة وتنوع المحاصيل الزراعية اللازمة للاستهلاك والتصنيع ، وكذا اتساع رقعة الأرض الزراعية وانتشار السكان الذى تقيده المهارات الفينة والموارد المالية ومصادر المياه السطحية والجوفية فى المناطق الجافة .

ولقد أتاحت المراوح الإرسابية ، مع تطوير الأساليب الزراعية ، فرصة تحويل المياه الجارية الفصلية إلى نوع من الرى المستديم أو شبه المستديم الذى ما يزال يستخدم على نطاق واسع ، كما يسمح بالزراعة الدائمة للحبوب والخضروات والفواكه الشجرية بدرجة أكبر . ويساعد تدرج تكوينات المراوح الإرسابية من مواد خشنة عند قمتها إلى مواد ناعمة عند الأطراف على غوص مياه الفيضانات الفصلية فى الأجزاء العليا من تلك المراوح ، كما وتساعد إقامة السدود البسيطة عند أطراف التكوينات الخشنة على زيادة كمية المياة المتسربة . وبتضافر هذه الخصائص الأرضية وهذا الأسلوب (بناء السدود) تتحول مياه الأمطار الغزيرة الوقتية أو الفصلية إلى مياه أرضية مستديمة . ففى إيران يحول انعدام الأمطار فى الفترة من مايو إلى أكتوبر دون ممارسة الرى فى فصل الصيف . وحيث ترتفع نسبة الجبس والملح فى مياه أنهار تلك المنطقة فقد عرف السكان منذ القدم أن المراوح الإرسابية عند أقدام المناطق التلالية يمكن أن توفر كميات ضخمة من الماء الأرضى على درجة من العذوبة يمكن لكل من الإنسان والنبات والحيوان أن يتحملها . وبحفر عدد من الآبار فى الجزء العلوى من المروحة الإرسابية بأعماق تقرب من ٩٢ متراً (٣٠٠ قدم) تحت سطح الأرض ؛ يمكن التوصل إلى تحديد نطاق إمدادات المياه الأرضية الوفيرة والتى يتحدد على ضوئها موقع البئر الرئيسية . وتحفر آبار أخرى على أبعاد تتراوح بين ٩١ — ٢٧٤ مترا (٣٠٠ — ٩٠٠

قدم) للتعرف على مدى استمرار وميل مستوى الماء الأرضى ، ثم تربط هذه الآبار بدورها بواسطة أنفاق تعرف فى إيران بالقنوات Qanats وفى مناطق أخرى ، « بالفجارات Foggaras » ؛ كما تسمى « بسلاسل الآبار Chains of Wells فى قبرص وتستلزم هذه الآبار وتلك السراديب الباطنية معرفة على درجة كبيرة من التخصص بهيدرولوجية الماء الأرضى ، كما أن إقامة كل منها والحفاظ عليها صعب ومكلف . كما يجب أن تكون هذه السراديب كبيرة بدرجة تسمح بأستمرار صيانتها أثناء استخدامها ، فلا يشغل الماء من مقطعها العرضى سوى جزء صغير لا يتعدى قطرة ١٫٦ مترا (خمسة أقدام) على الأكثر . وتمثل الآن أكثر من أربعين ألف قناة عماد الرى فى إيران ، وذلك على الرغم من المشكلات المتعلقة بتوفر الأيدى العاملة المتخصصة اللازمة لإنشاء هذه القنوات وصيانتها ، وما تتطلبه من رؤوس الأموال الضخمة والتكاليف المتكررة وتوزع المياه على الحقول والأشجار عند أطراف المراوح الإرسابية . كما يستخدم الماء فى طريقة لإدارة طواحين المياه التى تستخدم فى طحن الحبوب . وترتبط نظم توزيع الزراعة وأماكن الاستقرار أرتبطا وثيقا بهذه الأشكال التضاريسية المتميزة . (شكل ١٠) .

ويعطى الرى المستديم من الأنهار العابرة Allogenic عن طريق استخدام السدود وقنوات التحويل ـــ الآن وكما كان فى الماضى ـــ أعظم الفرص للتجمعات البشرية الكبيرة ، وكذا نشأة وتطور حضارات الأنهار . وتتمثل أبسط أساليب الرى المستديم فى أعتراض مجرى النهر بعائق ما لتحويل المياه وتوجيهها إلى الحقول . وتشتمل الأساليب الأكثر تطوراً على بناء القناطر ، مثل قناطر الدلتا على النيل شمال القاهرة مباشرة ، وقناطر Sukkur على نهر السند ، وقناطر « الهندية Hindiya » و « الكويت Kut » فى أراضى ما بين النهرين (ميزوبو تاميا) . والغاية من هذه القناطر هى رفع المياه أمامها بدرجة تسمح بتحويلها بواسطة الترع إلى الأراضى المنخفضة . ولقد نجحت قناطر الدلتا على النيل فى تحقيق هذا الهدف ، فعندما زادت رقعة الأرض المزروعة وزاد عدد

شكل ١٠ : وسائل الري في إيران
عن : (Bemont Annls. Geogr., 1961, 70, pp. 597 - 620)

السكان ، استلزم ذلك تقوية هذه القناطر عام ١٨٨٤ لمواجهة المتطلبات المتزايدة من المياه ، وعندما عجزت عن تحقيق هذا الغرض بنت السدود والخزانات . ولقد بنى أول سد تخزين على النيل فى منطقة الشلال الأول حيث يشق النهر مجراه فى الصخور الجرانيتية . وتعتبر سدود التخزين شائعة الانتشار على كافة الأنهار الرئيسية فى المناطق الجافة . ولد أسوان أهمية خاصة بين هذه السدود إذا ضاف نصف مليون فدان إلى الأراضى الزراعية فى مصر السفلى . وعندما زاد الطلب على المياه — كما حدث فى حالة قناطر الدلتا — استلزم ذلك تعليته للمرة الأولى فى عام ١٩١٢ ، وللمرة الثانية فى منتصف عام ١٩٦٠ حتى يكمل الحاجز الصخرى ، الذى لا يقتصر على الإمداد بالمياه اللازمة للرى ، بل يتعدى ذلك إلى توليد القوى الكهربائية أيضاً . ويصبح الاستمرار فى استخدام مياة النيل للرى واضحا حينما نعلم أن قناطر إدفينا على فرع رشيد قد أستكمت فى عام ١٩٥٢ لمنع البحر المتوسط من الاختلاط بمياه النيل ومنع النيل من الضياع فى البحر . ويمثل تضافر هذه المجموعة من السدود والقناطر الدقة المتناهية فى تنظيم عملية الإمداد بالمياه للرى المستديم ، ويصعب أن نجد له مثيلا فى أجزاء أخرى من العالم . وقد تطلبت أعمال الرى فى أودية الأنهار الدائمة الرئيسية فى الأراضى الجافة كوادى النيل ، طاقة|عمل كبيرة على درجة عالية من المتخصص (على غرار بناء القنوات Qanats فى إيران) فى هذه الفترة الزمنية المبكرة ، فأدى ذلك إلى نشأة محلات عمرانية كبيرة مثل موهنجو دارو Mohengo Daro وهارابا Harappa فى حوض السند . وكان نمط التطور هنا فى أساليب الرى مماثلا إلى حد ما هو عليه على النيل ، مبتدئا من الزراعة الحوضية على مياه الفيضان إلى قنوات التحويلى التى بلغت الذروة فى عام ١٨٥٩ عندما حفرت قناة Doab على نهر بارى الأعلى Upper Rari لربطة بنهر رافى Ravi بواسطة قناطر عند مادهوبر Madhopur . وتم تطوير هذا النظام فى عام ١٩١٧ ببناء قناتى Sidhnai وشيناب الدنيا Lower Chenab وأخيرا تم ربط نهر جليم Jhelum بنهر شيناب Chenab وكذلك بنهر رافى Ravi عن طريق المشروع الثلاثى الكبير Crand Triple Project فى عام ١٩٢٢ ، فبناء قناطر غلام محمد

Ghulam Mohammad قرب حيدر أباد ، ثم بتشييد قناطر جدو Guddu حديثا والتى تقع على مسافة ١٦٠ كيلو مترا (١٠٠ ميل) من Sukkur ناحية المنبع .

ولقد عملت نظم الرى التى توقشت حتى الآبار بفضل الانسياب المائى المتأثر بالجاذبية ، سواء من المجارى الفصلية أو الأنهار الدائمة أو من الماء الأرضى ، كما هو الحال فى نظام القنوات Qanats بايران . ومع ذلك فقد أشتلمت أساليب الرى على استخدام بعض الوسائل التى اعتمدت على أسس ميكانيكية لرفع مياه الآبار أو الأنهار حيث يتم توصيلها النهائى إلى الحقول بواسطة نظم الرى التى تعتمد على فعل الجاذبية . وتتباين هذه الوسائل إبتداء من بريمة أرشميدس القديمة (تصنع الآن من الصلب المطروق وتضاهى المضخات الحديثة فى كفاءتها وتكاليفها) ، والشادوف أى الداو المعلق فى صارى خشبى ذى ثقل فى الجانب الآخر ، والنوريا Noria أى العجلات الفارسية التى ترفع الماء فى دلاء معلقة فى عجلات خشبية تتحرك ببطء[1] ، إلى آلة الديزل أو المضخات التى تدار بالكهرباء ولقد شهدت الآبار ذاتها تطويرات مماثلة ، فتطورت من الآبار التى تحفر يدويا والتى تجمع الماء الأرضى القريب من السطح ، الآبار الحديثة فى كل من باكستان والهند حيث أنابيب الصلب المجوفة التى تدق الأرض لمسافة ٩١ مترا (٣٠٠ قدم) وتعمل بمضخات تدار كهرابيا لتروى ٢٢٤ هكتارا (٨٠٠ فدان) من القطن والذرة الرفيعة وقصب السكر صيفا ، والقمح والذرة الرفيعة شتاء . ويوجد من هذا النوع قرابة الألفى بئر فى منطقة Uttar Pradesh وحدها وترفع المياه من الحوض الإرتوازى العظيم فى كوينزلاند الآن إلى السطح عن طريق ما يزيد على الألفى بئر تنتج ما يربو على ٢٥٠ ألف جالونا يومياً .

ويختلف رفع المياه ، على هذا النطاق الكبير ، عن تلك الكميات الصغيرة التى يتم الحصول عليها فى زراعة البساتين بالواحات الصغيرة فى ليبيا . ففى واحة جالو تحفر الآبار فى الرمال بقطر أكبر من المطلوب ، ثم تبطن بجذع النخيل لمنع الجوانب الرملية

---

(١) والنوريا الفارسية تشبه الساقية (الناعورة) فى مصر (المترجم)

من الأنهار ، وعادة لا يمتد سور جذوع النخيل إلى قاع البئر وذلك لأن المياه المتسربة على عمق حوالى ثلاثة أمتار (٨ — ١٠ قدم) من بعض هذه الآبار فى قرب أو دلاء من الصفيح ، ويعمق فى البعض الآخر من الآبار منحدر يستطيع الحيوان أن ينزل عليه ليرفع الماء بخطة ذكية ليلقى بها فى جابية للمياه . وتنقل المياه من الآبار الرئيسية بواسطة قنوات ذات عمق يبلغ ١٥ سم (٦ بوصات) ، وينظم توصيل المياه إلى فروع هذه القنوات بواسطة سدود من الرمال . وغالباً ما تزرع المحاصيل المختلفة فى القنوات الرى ذاتها ، وتحمى البادرات الصغيرة والشتلات من أشعة الشمس بواسطة مظلات من سعف النخيل . (شكل ١١) . وتحصل اللفت والبصل والطماطم على المياه اللازمة من الريات التى تحدث مرات عديدة كل يوم . ويزرع للقرعيات مثل البطيخ والخيار ، والدخن والشعير والبرسيم الحجازى فى مناطق صغيرة مكشوفة تروى من قنوات الرى . وعادة ما تقسم هذه المناطق إلى مربعات صغيرة بواسطة جسور من الرمل حيث تزرع غالبا أشجار النخيل الصغيرة التى تتطلب هى الأخرى رياً كثيراً . ومعظم هذه المحاصيل استهلاكية ، أما

الرعى الحرفة الطبيعية فى المناطق الجافة

تشغل البقع والأشرطة الخضراء التى تمثل الزراعة على الرى ، والتى تظهر فى صورة الأقمار الصناعية فى الأراضى الجافة ، مساحة أصغر بكثير من تلك التى تشغلها أنماط أخرى للاستغلال الأراضى فى تلك البيئة . كما تسد الزراعة الجافة بعض الفراغات ، غير أن أعظم هذه الأنماط جميعاً من الناحية الأقتصادية وأكثرها استجابة لظروف البيئة الجافة هو الرعى . والرعى على الرغم من ذلك يشتمل على وسائل عديدة للحياة ومستويات معيشية متباينة . فهناك المراعى الغنية لكل من الماشية والأغنام فى الولايات المتحدة الأمريكية واستراليا والتى تقوم بإنتاج اللحوم والجلود والصوف كاستثمار تجارى قائم على مساحة من الأرض تقدر بمئات الأميال المربعة ومستخدماً بضعة عشرات من

العاملين . ويخالف مثل هذا النمط من الرعى كثيراً رعى البدو الرحل فى العالم القديم الذين لا يهدفون من ورائه سوى العيش هم وأفراد قبائلهم . فهناك فى الحقيقة أنماطاً مختلفة الرعى مثلها فى ذلك مثل الأنماط المختلفة الزراعة فى الأراضى الجافة . ويعتبر الرعى وسيلة من وسائل الحياة التى كانت عرضة للتغيرات السريعة التى تسببت فيها تغيرات عناصر البيئة فى الظروف المناخية وبخاصة فى سقوط المطر ، هذا بالإضافة إلى الضغوط الاجتماعية والأقتصادية .

وتشير الأدلة من العالم القديم إلى أن منطقة جنوب غرب آسيا هى المنطقة التى استؤنست فيها أول الحيوانات ، وذلك على الرغم من عدم التوصل حتى الآن إلى أتفاق تام حول الكيفية التى تمت بها عمليات الاستئناس . فيعتقد البعض أنه فى المناطق التى تكون فيها رقعة الأرض الخضراء محدودة كما هو الحال فى معظم الأراضى الجافة ، تكون الحاجة ماسة إلى أسر بعض الحيوانات والاحتفاظ بها لحين الحاجة إليها . ويفضل البعض الآخر الرأى الذى يقول أنه أثناء فترة الجفاف التى تبعت الفترات المطيرة المتوافقة مع الفترات الجلدية ، كان على كل من الإنسان والحيوان أن ينجذبا ـــ بحكم حاجتهما المشتركة ـــ نحو مصادر المياه ، فكانت هناك منطلقات الاستئناس بسبب هذه الوحدة من أجل البقاء . أما فى المناطق الأكثر مطراً حيث تكون الأراضى الخضراء شاسعة ، يمكن أن تعيش مجموعات بشرية كبيرة فوق مستوى الاحتياج اليومى ، كما يصبح عندها من سعة الوقت ما يمكنها من ممارسو بعض الأعمال الفنية التى وجدت لسكان ما قبل التاريخ على جدران الكهوف الموجودة فى كل من لاسكو Lascaux فى فرنسا ، وألتاميرا Altamira فى أسبانيا ، وفى الرسوم الصخرية فى مرتفعات الحجار بالصحراء الكبرى . ففى مثل هذه الأماكن وفى ظل ظروف مناخية كهذه ، لم تكن هناك حاجة إلى استئناس الحيوان حيث كان الانسان يحصل على ما يحتاج إليه من اللحوم باصطياد الحيوانات البطيئة الحركة ، هذا إذا علمنا أن الزيادة السكانية لم تفق الموارد الغذائية المحلية .

وتعطى الاستكشافات الأثرية الأدلة التى يمكن بواسطتها فهم أساليب الصيد المختلفة عند الإنسان البدائى ، إذ توضح هذه الاستكشافات أن صيد الحيوان لم يكن عشوائياً أو دون تمييز . فيبدو أن إنسان نياندرتال الذى كان يعيش فى الكهوف منذ أربعين ألف سنة فى شانيدار Shanidar بالعراق قد اكتسب تخصصا فى الفصائل الحيوانية التى كان يصطادها . فعلى الرغم من أن الحمار الوحشى كان يوجد فى الأراضى السهلية الممتدة عند أقدام الأراضى التلالية ، وكان المعز يوجد فى المناطق التلالية ، فإن العظام التى وجدت فى المخلفات الأثرية لمطابخ تلك الفترة كانت للمعز وليست للحمار الوحشى . وتدل الاستكشافات الأثرية الحديثة فى منطقة « على كوش Ali Koosh » فى خوزستان العليا فى جنوب غرب إيران ، ١٩٤٢ ، على سرعة تطور الزراعة فى وادى Imperial-Coachella الذى تنصرف مياهه إلى بحر Salton Sea . وفى القسم الشمالى من وادى Coechella يزرع نحو ٢٤٢٩ هكتارا (٦٠٠٠ فدان)، بنخيل البلح، وما يزيد عن ٢٨٣٤ هكتاراً (٧٠٠٠ فدان بأنواع مختلفة من العنب الخالى من البذور ، بينما خصصت مساحة ١٠٠٠ هكتارا (٢٥٠٠ فدان) لزراعة محاصيل العلف مثل البرسيم الحجازى وأعشاب الرعى حيث تسمن الحيوانات قبل نقلها لسوق لوس أنجلوس . وهناك فى هذه المنطقة تركيز شديد على ميكنة كافة الأعمال الزراعية ، فحتى عملية الحصاد تتم فيها بواسطة الآلات . وإلى الجنوب فى وادى Imperial حيث التربات الأثقل ، يكون التركيز بدرجة أكبر على زراعة المحاصيل الحقلية وخصوصا الشتوية منها كالخس والطماطم والبطيخ والبازلاء والجزر ؛ تلك المحاصيل التى تنقل إلى الشرق فى لوريات وعربات السكك الحديدية المخصصة لذلك . وبالإضافة لهذه الـ ٢٥٩٠٠ هكتارا (٦٤ ألف فدان) من محاصيل الخضر التصديرية فهناك أيضاً ١١٣٣١ هكتارا (٢٨ ألف فدان) من القطن ، ١٣٧٥٩ هكتارا (٣٤ ألف فدان) من بنجر السكر الذى يكرر محليا أو فى المنطقة الساحلية .

ويستلزم الرى المستديم على هذا النطاق الكبير أستخدام رؤوس الأموال الضخمة فى

بناء الخزانات وشق الترع ، وهو ما يستحيل تنفيذه بغير مساعدة الحكومة . فبفضل هذه المساعدة أمكن إقامة نظام معقد من السدود على نهر الكلورادو وروافده ، وهي حصيلة فترة الاستصلاح التي بلغت أوجها في عام ١٩٣٠ ، رغم أن تنفيذها جاء متأخرا بعض الشيء عن توصية باول في أواخر القرن التاسع عشر وتلا إقامة السد الأول بالقرب من Yuma إقامة سدود أخرى مثل سد هوفر Hoover وسد باركر Parker وسد ديفز Davis على نهر الكلورادو في صحراء موهيف Mohave ، وإقامة سدى جلسبي Gillespie وكوليدج Coolidge على نهر جيلا Gila ، وإقامة سدى هورس شو Horseshoe وبارتلت Bartlett على نهر فرد Verde وسد روزفلت Roosevelt على نهر سولت Saltt وتستمد واحة Phoenix بصحراء أريزونا مياهها من سد روزفلت الذي يبعد عنها مسافة ١٨٨ كيلو متر (١١٧ ميل) فيروى ما يزيد عن ٧٦٨٩ هكتار (١٩ ألف فدان) من محاصيل البلح والزيتون والبرتقال والعنب وكذلك القطن والبرسيم الحجازى وتبع تطور نظام الرى في استراليا قيام مشروعات مماثلة لتلك التي أقيمت في جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية . فقد أدى تشكيل هيئة نهر مرى River Murray Commission في عام ١٩١٥ على سبيل المثال إلى إقامة بته سدود تخزين رئيسية للتحكم في مياه الفيضان وعمليات الرى وحديثا أدى المشروع المعروف بأسم Snowy River Scheme إلى تحويل المياه إلى نهر مرى وإلى توليد الكهرباء . وفي الهند تبين لهيئة تطوير الثار Thar Development Authority والتي قامت في سنة ١٩٤٩ ، أن المشروعات الحكومية القومية ضرورية من أجل التطور الزراعى على نطاق واسع كما كان الحال في مصر ؛ غير أن المساعدات المالية العالمية تعتبر ماسة وضرورية بالنسبة للأقطار النامية .

وعلى الرغم مما كان الرى المستديم من أثر مفيد وأكيد على أقتصاد أقطار الأراضى الجافة ، إذ يسمح بزيادة السكان وبمستويات معيشتة أعلى من تلك التي يمكن تحقيقها بواسطة الزراعة أو الرى الفصلى ، غير أنه قد خلق مشكلات بيئية وأدى إلى إنكماش

رقعة الأرض الزراعية عما كانت عليه فى بعض المناطق . فإذا كان بوسع الماء أن يجعل الصحراء مزدهرة فبأستطاعته أيضاً أن يجذب التربة فيكون أثره فى ذلك كأثر تعرية الرياح لها فى ظل أساليب الزراعة الجافة الفقيرة ، ويرتفع مستوى الماء الأراضى نتيجة الإسراف فى تزويد التربة بالمياه عن الحد المطلوب فى ظل ظروف الصرف الردىء فتتكون نتيجة لذلك البحيرات والمستنقعات محل الأراضى الزراعية كما هو الحال فى أجزاء من دلتا النيل والسند . ويجب العناية بتزويد المنطقة بالمصارف ومحطات الصرف اللازمة للمحافظة على المستوى المناسب للماء الأرضى ، والضرورية للابقاء على المساحات المروية صالحة للأنتاج . وإذ كان للرى المستديم أن يستمر دون إضرار التربة بتشبعها بالمياه فيجب شق الترع والمصارف بحيث تتوافق جميعها مع مناسيب الأرض التى تجرى عليها ، كما يجب التحكم بدقة فى نظم الزراعة . ولقد شجع ذلك على العودة إلى أستخدام الوسائل القديمة لرفع المياه بغية التقليل من كمية المياه المستخدمه فى رى الحقول . وغالباً ما يؤدى تشبع التربة بالمياه إلى زيادة نسبة الأملاح بها بدرجة قد لا تتحملها حتى معظم المحاصيل المقاومة للملوحة . ويزيد ما تحتوية التربة من الأملاح عندما تنتشر المياه عليها بكثرة من المجارى المائية الدائمة ومن الماء الأرضى الذى يحتوى على مقادير كبيرة منها . وبعض تربات الأراضى الجافة مالحة كما هو الحال فى التربة القلوية البيضاء Solouchaks والتربة القلوية السوداء Solonetx (أنظر صفحتى ١٤٠ و ١٤٢) ، بينما يفسد أرتفاع مستوى الماء الأرضى المالح مساحات كبيرة منها . وقد ينتشر مسحوق الملح على سطح التربة ، كما قد تذروه الرياح إلى مناطق كان يمكن أن تخلو منه لو لم تتعرض لهبوب هذه الرياح . ويعتبر غسل التربة ثم صرف مياهها وسيلتان علاجيتان ناجحتان فى أراضى زراعة المحاصيل بكل من السد والنيل ، ولقد استخدم فى أراضى النيل نظام المناوبات فى الترع والمصارف . ولتجنب تشبع التربة بالمياة وأرتفاع نسبة الأملاح بها ، تصبح الاستفادة من التضرس الطفيف فى سطح الأرض ماسة وضرورية .

ويصاحب بناء سدود التخزين نقص كمية الغرين الذى ينتشر على الأرض الزراعية ، بينما تتراكم الإرسابات فى الخزان ذاتة . ومن شأن العامل الأول أن يؤدى إلى فقدان خصوبة التربة إذ لم يعد الغرين ينتشر على الحقول كما هو الحال فى الزراعة الفيضية — هذا وتزيد الزراعة الكثيفة الأمر سوءاً . ومن ثم تحتاج الأراضى الزراعية إلى المخصبات الصناعية التى تدفع تكاليف استيرادها من ثمن القطن المصدر أو أثمان المحاصيل المعيشية فتقلل بذلك من عائدها كما هو الحال فى مصر . ويتطلب الأمر ضرورة إجراء عمليات التعميق المكلفة أمام السدود العالية المستخدمة فى الرى بغية المحافظة على حجم المياه المختزنة ، كما تتطلب الترع ذاتها إجراء عمليات التطهير .

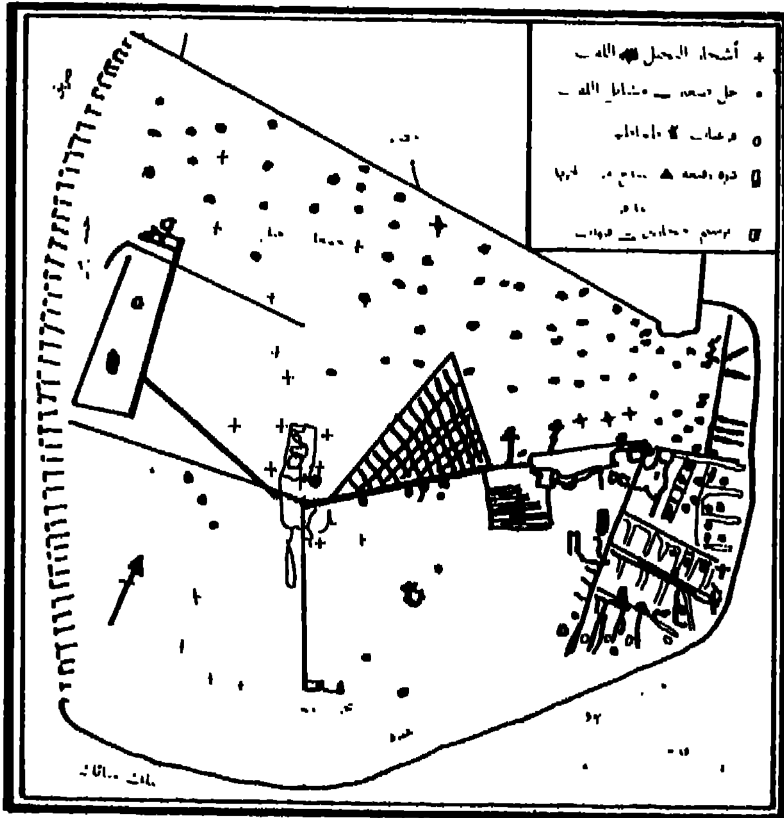
كما كان التغيرات الناتجة عن تحول المظهر الجغرافى الطبيعى فى الأراضى ذات الرى المستديم آثار جانبية على درجة كبيرة من الأهمية تتعلق بعالم الحشرات والطفيليات التى تتكاثر خاصة فى ظل ظروف الرطوبة الملائمة لها الناتجة عن نظام الرى المستديم ، ولهذه الحشرات والطفيليات آثار بالغة على صحة السكان وحياتهم الاقتصادية والاجتماعية . وتعتبر الأمراض المتولدة عن الحشرات والطفيليات فى مناطق الرى المستديم بالعالم القديم غاية فى الوضوح ، ذلك لأن أحوال الصحة العامة أحسن بكثير فى صحارى استراليا وأمريكا حيث يسهل الحصول على العقاقير العلاجية والوقائية فى هذه المناطق . وحيث يتوافق أزدحام السكان الذين يعيشون فى مستوى الكفاف ومناطق الرى المستديم ، يصعب هنا التحكم فى الأمراض المتوطنة التى ترتبط بالمياه الجارية والراكدة فى المناطق ذات المناخ الحار . وتعتبر الملاريا من الأمراض المتوطنة فى معظم واحات العالم القديم ، وهى مشكلة رئيسية منذ المحاولة الأولى للزراعة على الرى فى أراضى ودلتاوات الأنهار . كما أن البلهارسيا التى تسبب الأمراض الكبدية والمعوية وتؤثر على الجهاز البولى ، قديمة هى الأخرى قدم التاريخ ، إذ أكتشفت بويضات متكلسة لأنواع من الديدان فى كليات الموميات المصرية القديمة . وتسبب بعوضة الأنوفيلوس Anopheles التى تنقل الملاريا إلى الإنسان ، وكذلك ديدان البلهارسيا المتطفلة أمراضاً مضعفة

أتضح أنها تدمر صحة سكان القطر وتؤدى إلى إخفاق مشروعات الرى كلية كما حدث للمشروع الذى قام فى روديسيا الجنوبية بعد الحرب العالمية الثانية . ولهذا تير مشكلات الرى المستديم والصحة العامة جنباً إلى جنب ، وقد يؤدى تطور أحدهما دون الآخر إلى حدوث كارثة إجتماعية .

وهناك بالتأكيد دروس عديدة مستفادة من مشكلات الرى المستديم ، منها وربما أكثرها أهمية أنه مع تزايد مستويات التطبيق العلمى ، فهناك ميل لتجاهل المبادىء الأساسية للتوافق مع الظروف البيئية بدرجة تفوق استخدام أساليب التحكم فى المياه وتوزيعها وتطبيقها بدون تمييز ، فعندما زرعت المحاصيل على أساس فصلى وفق ما سمحت به حالة المناخ والماء ، وحينما أقيمت القرى على الحافات الهامشية لمصادر المياه ، كانت المشكلات المتعلقة بتشبع التربة بالمياه وأرتفاع نسبة الأملاح بها والزراعة الكثيفة والصحة العامة أقل شيوعا كما أنها كانت تعالج ذاتها فى أغلب الأحيان . ولقد تحقق الآن خطأ النظم العالمية للرى المستديم التى تتمثل فى إقامة السدود الضخمة وشق الترع الكبيرة لأنها تؤدى إلى الإطماء وزيادة معدلات البخر وفقدان المياه . وعندما يتبدد الماء بسبب مشكلات رئيسية تتعلق بأستخدام الأرض ، ومن ثم يؤثر على الصحة العامة . وربما نستنتج أن نظام القنوات Qanats فى إيران هو أفضل النظم بالنسبة للعالمين القديم والجديد ، والذى يتم فيه تخزين المياه تحت الأرض مستفيدة من الأمطار الفصلية والدائمة . ويجب أن تخطط أساليب الرى المستديم بدقة أكثر بحيث تلائم ظروف البيئة الطبيعية ولا تفرض عليها .

الباب السابع

الرعى : الحرفة الأساسية فى الأراضى الجافة



شكل ١١ نموذج لحديقة فى واحة جالو . برقة

الطماطم فتصدر إلى المدن الساحلية مثل مدينة بنغازى فى شمال إقليم برقة ، ويستخدم البرسيم الحجازى وبعض الشعير كعلف للحيوان . وعلى الرغم من الأرتفاع المستمر فى درجات الحرارة ، فهناك نظام فصلى للنشاط الزراعى .

وتقع هذه الزراعة التى تستخدم فيها أساليب الاستفادة من المياه الجوفية Hydroponics لرى المناطق الرملية التى تشبه رمال الصحراوات الحقيقية على طرف نقيض من تلك الأنواع من الزراعة التى تقوم على الرى المستديم للمحاصيل التجارية على طول كل من كلورادو والنيل والسند . ويبين مشروع أعالى النيجر Upper Nigor Project مدى هذا الأختلاف . فكانت الأجزاء العليا لنهر النيجر تنصرف من قبل فى

بحر داخلى واسع ، فتكونت دلتا قديمة تمثل ٨٠٩٥٠٠ هكتار (١ مليون فدان) من الأرض الصالحة للزراعة لو توفرت المياه . وبدأ الفرنسيون دراسة إمكانية ذلك مع بداية عام ١٩٢٠ » ولم يتم بناء قناطر ساناندنج Sansanding وقنوات التحويل من نهر النيجر قبل عام ١٩٤٨ ، تلك التى بلغت تكاليفها أكثر من عشرة ملايين من الجنيهات . وبحلول عام ١٩٤٩ ، تم زراعة ما يزيد على ١٢١٤١ هكتارا (٣٠ ألف فدان) بالقطن الأمريكى متوسط التيلة فى الجنوب وبالقطن المصرى فى الشمال ، هذا بالإضافة إلى حوالى ١٤١٧٠ هكتارا (٣٥ ألف فدان) بالأرز ، ذلك المحصول الذى كان يرجى من زراعته أن يحل محل الدخن الغذاء التقليدى الرئيسى للسكان فى تلك المنطقة وفى مناطق أخرى بغرب إفريقيا ، كما كان يرجى أن يدخل الأرز على المنطقة أسلوب حياة بديل عن الرعى التقليدى لقطعان الماشية .

وعلى الرغم من إمكانية التوسع فى زراعة القطن فى دلتا النيل ، أو فى السودان حيث مشروع الجزيرة الذى يعتمد على خزان سنار الذى يسمح برى ما يزيد عن مليون فدان ، أو فى جمهوريات الاتحاد السوفيتى على خزانى Zeravahan و Kara Darya فى إقليم Fergana ، فعلى المرء أن يتجه لجنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية ليجد التركيز العظيم للمحاصيل التجارية والصناعية . فمنذ بداية استقرار جماعة المورمانز Mormans فى ولاية يوتا معتمدين على أساليب الرى التى استخدمت فى العالم القديم مثل استخدام الـ Noria (الساقية) ، فقد تطورت منطقة بحيرة جريت سولت إلى بستان عظيم يصبح بالفواكة كلتفاح والخوخ بفضل بناء ترع الرى الضخمة ، وأصبحت هذه المنطقة حقلا كبيرا لخضر تمد بها مدن الساحل الشرقى . وبحلول عام ١٨٧٢ ؛ استخدام الرى على نطاق واسع فى كاليفورنيا مبتدئا بزراعة البنجر ، ولكنه أصبح بعد ذلك أكثر تركيزا على زراعة الفواكة والخضر . ولقد ساعد شق القناة المعروفة باسم All-American Canal فى عام على أنه فى الفترة الأولى على استقرار الإنسان فى تلك المنطقة كانت تصاد حيوانات متنوعة ، ولا يوجد هناك أى دليل على عملية

الاستئناس . غير أن المعز قد استؤنس فيما بعد وذلك كما يظهر فى التغيرات التى طرأت على شكل القرون ، تلك التغيرات التى كانت متوافقة مع التغيرات الطبيعية الأخرى فى عظام الحيوانات بعد استئناسها . ويبدو أنه كان هناك تخصصا محليا أو ربما إقليميا فى استئناس الحيوانات ؛ ولقد أدى هذا التخصص ، عن طريق الأختلاط الحضارى والتجارى وتبادل الحيوانات ، إلى انتشار المهارات وإتقان عمليات الاستئناس فى منطقة شاسعة من جنوب غرب آسيا وكان هذا التطور مصحوبا بإقامة محلات دائمة أو شبه دائمة فى مناطق يكون فيها المرعى كافيا ومؤكدا إما بسبب الأمطار الفصلية الكافية أو بسبب الإرتفاع فى منسوب الماء الأرضى ولقد نقب عن مثل هذه المحلات فى جارمو Jarmo فى الشمال شرق العراق ، وأظهرت هذه التنقيبات أنه حتى ٦٧٥٠ ق . م . قد تم استئناس المعز والخنزير والكلاب وربما الأغنام وإلى الشمال من ذلك فى شانيدار ، قد حددت طريقة كربون ـــ ١٤ ، عام ٨٨٠٠٠ ق م تاريخا لاستئناس الأغنام . وتعتبر هذه تواريخا متأخرة إذا ما قورنت بتلك التواريخ الخاصة ببعض أنواع الكلاب التى ارتبطت تعايشيا منذ فترات العصر الحجرى القديم بمجموعات الصيادين المتنقلين .

ولقد واجه المستأنسون الأوائل للحيوان نفس المشاكل التى واجهها الزراع ، فكانت هناك ضرورة استخدام الموارد البيئية والاستفادة من النظام الفصلى الذى تحكمت فيه فترات سقوط المطر . وإنه ليبدو معقولا أن نفترض وجود توافق بين شكل الأرض وموارد المياه التى استخدمت فى كل من أسلوبى الحياة الزراعية والرعوية ، فأينما توجد مراعى غنية ، يحتمل أن تكون هناك فرصاً مواتيه للزراعة ، وفى النطاق المناخى ذى المطر الفصلى ، أى المناخ شبه الجاف وليس المناخ الشديد الجفاف ، قد يتباين المرعى سنويا ، غير أنه يعتبر ذو دورة منتظمة حيث تكون عملية الرعى أكيدة فى المنطقة الواحدة من سنة إلى أخرى . وقد توجد فى المنطقة الواحدة ، على الرغم من تلك ، بعض التباينات الأرضية التى تختلف من السهول الفيضية إلى قنوات الأودية الصحراوية

والمراوح الإرسابية ، والتى لا يمكن استخدامها إلا بعد أنحسار مياه الفيضانات عنها ، هذا بالإضافة إلى أراضى ما بين الأودية التى تعتمد فيها نوعية المرعى على كمية الأمطار التى تسقط عليها . وتكون مراعى أراضى ما بين الأودية مبكرة عن مراعى المجارى المائية ، غير أنها لا تستمر طويلا إذ سريعا ما تأتى الحشائش على ما فى التربة من رطوبة . ويضاف إلى هذه المشاكل الخاصة بالمراعى مشكلة الحاجة إلى تنظيم سقى القطعان ، الأمر الذى يحد من أرتحال الرعاة بأغنامهم وماشيتهم ومعزهم بعيداً عن مصادر المياه الأرضية ، وإن كان مجال أرتحال رعاة الإبل أكثر اتساعا . كما ينبغى على الراعى أثناء دورته المكانية (أثناء تجواله بحيواناته) أن يؤمن لها فرصة الحصول على حاجتها من العناصر المعدنية فى غذائها ، إما عن طريق المراعى المختلفة التى تنمو فى أنواع من التربة متباينة من حيث تركيبها المعدنى ، وإما بإتاحة الفرصة أمام هذه الحيوانات للتردد من آن إلى آخر على الموارد الملحية بالمنطقة . وتعتبر هذه الدورة المحددة من الهجرة والترحال مماثلة إلى حد ما للحركة من مراعى الأراضى المخفضة إلى مراعى المرتفعات فى منطقة جبال الألب ، وجبال الكربات ، وجبال شبه جزيرة اسكنديناوه ، وعليه فيمكن تسميتها هى الأخر بالهجرة الفصلية **Transhumance** . وتعتبر هذه الهجرة تأقلماً تلقائيا مع الموارد البيئية ، وتتوافق هذه الهجرة مع زراعة بطون الأودية وزراعة الأحواض الصحراوية . وتؤدى هذه الحركة إلى تجنب أزدحام الإنسان والحيوان فى ظل ظروف ذات حرارة ورطوبة مرتفعة فى مكان واحد طول السنة ، وعليه فإنها تقلل من خطر الأمراض الحشرية والطفيلية على كل من الإنسان والحيوان . غير أن المشكلة الرئيسية هى فى أزدحام الحيوانات حول موارد المياه الجوفية التى وإن كانت كافية لسقى الأعداد الكبيرة من الحيوانات إلا أن المراعى المحيطة بها لا تفى بالحاجة الغذائية لتلك الأعداد . ويرتبط توزيع الرعى الترحالى (الدورى) بنطاقات مناخية معينة ، كما هو الحال فى منطقة الساحل الصومالى والسودان إلى الجنوب من الصحراء الكبرى الأفريقية . غير أن هذا الأرتباط لم يكن مباشراً وذلك لأن بعض القبائل يمكن أن توسع رقعة نشاطها لتطغى على نطاقات بيولوجية أخرى وذلك حينما يمكن أن تحدده

خبرتهم وروابطهم الحضارية . ولا يقتصر نظام الهجرة هذا على الرعى فى الأقطار النامية إذ أنه يستخدم فى صنعات الرعى الكبيرة فى كل من الولايات المتحدة الأمريكية وإستراليا والتى ينبغى أن يكون فيها التحكم فى معدلات الرعى دقيقا على الرغم من وجود أحسن الظروف الإدارية لهذه المراعى .

وغالباً ما يرتبط الرعى المتنقل بمناطق زراعة الحبوب وأعشاب الرعى ، ويمكن أن بمسر على أنه استجابة تلقائية للبيئة على أختلاف مستوياتها الحضارية والتكنولوجية كما هو الحال فى إقليم التل فى شمال أفريقيا . وقد يصعب تفسير أسباب الرعى المتنقل ذلك الأسلوب المعيشى الذى غالباً ما يعتبر الخاصية المميزة للحياة فى الأراضى الصحراوية . فلماذا يضطر الرعاة إلى ترك وهجرة الأمان فى المناطق شبه الجافة ذات المطر الفصلى ويختارون لأنفسهم حياة غير مستقرة دائمة التنقل فى مناطق تتباين فيها الأمطار توزيعاً وكمية بصورة ملحوظة مس سنة إلى أخرى . ولقد تبين على الصعيد العالمى أن الاحتياجات الشخصية للأنسان من مسكن ومأكل ووسائل دفاعية وكذلك من حيث تكاثره تلبى بأحسن صورة عن طريق العيش فى المناطق التى تسمح الموارد الطبيعية فيها بوجود أعداد بشرية كبيرة ، وعندما أظهرت مثل هذه الأعداد البشرية الكبيرة رغبتها عبر العصور التاريخية لجمع الممتلكات المادية رغبة فى زيادة راحتها أصبحت الخيمة المصنوعة من الجلد وقطع الأثاث البسيطة وأدوات المطبخ القليلة متضاربة (غير متمشية) مع الرغبات الأساسية لهذه التجمعات البشرية . وإذا كان الأمر كذلك — فلماذا كان لا بد للحياة الرعوية أن تستمر وتناضل هذه الفترة الزمنية الطويلة خاصة فى المناطق الجافة من العالم القديم ، وهى فى النهاية حرفة من أجل خدمة حيوانات لا تفى بحاجات كل الناس ؟ فالبدوى يحتاج إلى التمور والحبوب والسكر والشاى والبن والأقمشة كأحتياجه للبن واللحم والجلد والوبر (الشعر) .

لقد كانت هناك عدة إجابات على هذه التساؤلات ، غير أنه لا يوجد جواب بعينه يمكن أن يكون شافيا . فلقد أعتقد توينبى Toynbee فى عام ١٩٧٥ أن التحدى المتزايد

للجفاف كان بمثابة العامل الرئيسى لازدياد النشاط الرعوى المتنقل سواء من قبل أناس كانوا أصلا زراعا أو رعاة دوريين (فصليين) Transhumants . كما ويعتقد أن بعض هؤلاء الناس قد أنتقل إلى أماكن أكثر رطوبة (الدليل على ذلك ليس دقيقاً) ، غير أنه يعتقد أن البعض الآخر قد قبل تحدى ظروف المطر غير المستقرة عن أن يستكين فى مناطق المطر الفصلى ، وآثر التحرك بقطعانه إلى مناطق كانت طرق الهجرة إليها محددة ينابيع أرتبطت بها مراعى لا يؤمن العيش عليها لمدة طويلة . ولربما كان هذا النفر الأخير مقتنعا بالفكرة التى تقول أن أساليب الحياة المرتبطة بأستئناس الحيوان أرفع وأرقى من حرفة الزراعة ـــ هذا الأستئناس الذى يمكن أن يميز فيه بين استئناس يحتاج المرء فيه تدريب للحيوان كما هو الحال فى استئناس كل من الجمل والحصان والكلب واستئناس يتم بدون تدريب كما هو الحال بالنسبة للأغنام والمعز والماشية

وعلى الرغم من ذلك فإنه يمكن أن تكون هناك أسباب أخرى لشرح قبول الرعى المتنقل كأسلوب من أساليب العيش . فاربما أدى تزايد السكان فوق طاقة المنطقة الرعوية إلى إكراه بعض المجموعات القبلية على الارتحال ، فى الوقت الذى يمكن للضغط السكانى فى المناطق الرعوية الصغيرة والتى تتصف بالحركة الفصلية إلى تغيرات بيئية نتيجة تأثير النشاط البشرى فى تغيير المظهر الجغرافى للمنطقة ، كما هو الحال فى زيادة أعداد القطعان وكثافة الرعى ، الأمر الذى يؤدى إلى استنزاف تلك المراعى وتعرية التربة تعرية من شأنها أن تؤثر على صورة الغطاء النباتى فى تلك المناطق ، وعلى الرغم من ذلك فإنه يمكن فهم استمرار عملية الرعى عندما نعلم أن هذا الأسلوب المعيشى ليس منعزلا تماما عن أساليب الاستغلال الأرضى الأخرى ومجتمعاتها فى الأراضى الجافة ، إذ أنه فى الحقيقة مكمل لها بمعنى أن هناك تعاونا بين الراعى المتنقل والزارع الذى يمارس الزراعة الجافة والزراعة على الرى فى الواحات .

ولقد نشأت هذه العلاقة إلى حد ما نتيجة الحاجة إلى تبادل المنتجات بين هذين النمطين من الحياة الأقتصادية من ناحية ، أو نتيجة للمقدرة على الحركة والقتال التى

يتمتع بها الراعى من ناحية أخرى . فالزراع فى حاجة إلى الألبان واللحوم والجلود والصوف تماما كما يحتاجون إلى الحبوب . ففى المناطق ذات الأمطار الشتوية كما هو الحال فى شرق سوريا والأجزاء الشمالية من شبه الجزيرة العربية ، يبدأ الزراع فى الزراعة فى الخريف أى فى الوقت الذى تبدأ فيه الأعشاب فى الظهور على شكل مساحات غير متصلة من المناطق الصحراوية بين الأراضى الزراعية . فيبدأ البدوى فى الرحيل من مناطق استقراره ، ولا يبدأ الرعاة فى العودة إلى الأراضى الزراعية إلا بعد موسم الحصاد لرعى حيواناتهم على مخلفات المحاصيل الزراعية ، وعليه فإنه فى الفترة ما بين يوليو وأكتوبر يكون كل من الراعى المتنقل والزارع المستقر على أتصال وثيق . ويمكن لهذه العلاقات المنتظمة أن تؤدى إلى أرتباط أقتصادى أكثر وثوقا بين الصحراء والأرض الزراعية بحيث يمكن للجماعات الرعوية العودة تبعاً للنظام الفعلى لسقوط الأمطار إلى الأرض الزراعية أو إلى مناطق تجمعات التخيل . فجماعة Doui - Menia فى منطقة الساحل الصومالى تقوم بزراعة الحبوب كما تمتلك مزارع النخيل ، فى حين أن رعاة التيدا Teda والنجرو Negro فى هضبة تبستى يمتلكون مزارع نخيل فى الواحات ولكنهم لا يقومون بزراعتها شأنهم فى ذلك شأن الرعاة الرحل فى واحتى جالو وأوجلا فى الصحراء الليبية ، الذين يمكن رؤية خيامهم السوداء مرصوصة على هوامش الواحة أثناء فصل جمع البلح . ويستخدم رعاة التيدا وغيرهم من الرعاة العبيد فى زراعة أشجار البلح . غير أنه منذ إلغاء الرق مازالت جماعة الكامايا Kamayas (العبيد السابقون) مرتبطة أقتصاديا وإجتماعيا بأسيادها السابقين . ويساعد مثل هذا المزج والاندماج فى النشاط الإقتصادى على التمييز بين نمطين رئيسيين من الرعى ، ذلك النمط الموجود على هوامش الأراضى الصحراوية الشديدة الجفاف والتى تتميز بالأمطار الفصلية أو فى المناطق المرتفعة الممطرة ، وخير مثل على ذلك هو رعاة التيدا وبعض القبائل البدوية ورعاة الغريب Gharib فى تونس الذين يمكن أعتبارهم شبه رعاة ، ونمط الرعاة الحقيقيين الذين يكون أتصالهم بالواحات ومناطق الاستبس الهامشية أتصالا غير منتظم ، والذين يعتمدون فى عيشهم على المقايضة والتبادل التجارى . غير أنه لا يوجد فى الوقت

الحاضر حد واضح وفاصل بين هذين النمطين خاصة وأن أسلوب العيش الرعوى يعتبر فى مرحلة انتقالية وحالة تغيير .

ويعتبر الرعاة الحقيقيون قليلوا العدد ، فهم أقل من ٧٥٠٠٠٠ نسمة فى الأراضى العربية من الشرق الأوسط ، بينما يصل عدد شبه الرعاة فى نفس المنطقة إلى حوالى ٢ مليون نسمة . ويعتبر حجم تجمعاتهم ذاتى التنظيم إذ أنه كلما زاد الضغط على المرعى اضطر الرعاة من أجل البقاء إلى الإنقسام إلى جماعات صغيرة تميل الصراع الدائم فيما بينها طالما أنها تتطلب نفس الموارد الطبيعية الممثلة فى الكلأ والماء . وتعتبر هجرات هذه الجماعات القبلية محكومة بإمكانية وجود تلك الموارد التى قد لا يتوافق وجودها مع بعضها ، إذا أنه يمكن للينابيع أن تجف مياهها وما يزال الرعى موجودا بكثرة فى المناطق المحيطة بها . ومفهوم المنطقة الرعوية يتباين تبعاً لأنواع حيوانات الرعى فهى بالنسبة لحيوان كالجمل قد يصل مداها إلى ٤٨ كيلو مترا (٣٠ ميلا) . وعلى الرغم من أن الكلأ قد يظهر فى مناطق مختلفة من سنة إلى أخرى ، فإن الرحلات الرعوية تتبع إلى حد كبير دورة سنوية محددة تتحكم فيها منابع المياه وعلامات أرضية داخل حدود استقرت بعد خلافات وضعت الحروب نهاية لها . غير أن هذه الحدود ليست بأى حال من الأحوال دائمة الاستقرار ، إذ أن أية بادرة للضعف تجعل الرعاة فى المنطقة المتاخمة يستغلونها بالعنف من أجل المرعى والماء .

ولا يهتم الرعاة أثناء رحلاتهم الرعوية بالحدود الدولية ، مما أدى إلى الاحتكاك بين الدول ، وظل هذا حتى كانت هناك معاهدات بين الدول المتجاورة بشأنها . ويمكن أن نسوق هنا من هذه الاتفاقات الدولية العديدة بعض الأمثلة من منطقة الشرق الأوسط ومن القارة الأفريقية . فقد سمح أتفاق أنقرة بين كل من فرنسا وتركيا فى عام ١٩٢١ للرعاة بالحركة بين كل من تركيا وسوريا دون دفع أى ضرائب . كما كانت هناك شروط تحفظ العلاقات على الحدود إلى الشمال من الموصل بين المملكة المتحدة والعراق وتركيا بمقتضى معاهدة أنقرة فى عام ١٩٢٦ . كما أن كلا من إيطاليا ومصر قد توصلنا إلى

اتفاقية فى عام ١٩٢٥ لتنظيم شئون الرعاة بحيث تسمح بأستخدام الآبار والعيون التى توجد على الحدود أو القريبة منها بين كل من مصر وليبيا . فى حين أنه فى عام ١٩٢٤ قد أتفقت كل من أنجلترا وفرنسا على أعتبار وادى هوا Wadi Howa على الحدود بين السودان المصرى الانجليزى وغرب أفريقيا الفرنسى منطقة مشاعا تستعملها القبائل التى تعيش على جانبيه وتتبين مثل هده الاتفاقيات الأساس الجغرافى وكذلك ديناميكية تلك المجتمعات التى تتحكم العوامل البيئية فى أقتصادياتها والتى تحاهلتها الحدود الدولية . ويمكن مقارنة مثل هده الخلافات بتلك التى قد تشب حول استغلال مياه الرى من الأنهار الدائمه التى تجرى عبر وحدات سياسيه عديدة

وتفرض عادة الإرتحال على الرعاة قيوداً عديدة . كما أنها تصبح مستحيلة بدون استخدام قرب المياه المصنوعة من جلد المعز ، أو حديثا بدون استخدام الحركن Jerrican . كما تحكمت إمكانيات النقل فى أحجام الخيام وقطع الأثاث التى يستخدمونها وعندما يكون رأس المال على هيئة قطيع وليس فى صورة نقدية ، يصبح من العسير فرض النظام ، وكما تبين T E Lawrence فإن إمدادهم بالمال لا يحل تلقائياً مشاكل التعاون القبلى كما أن القوانين عندهم تساير المبدأ الذى يقول « العين بالعين والسن بالسن » وذلك لانعدام السجون وعدم وجود سلطة الرأى العام كما يود البعض أعتبار تربية الحيوانات عملا يعطى أعظم الفرص للتأمل والتفكير الفلسفى تلك الصفة التى أكتسبت نتيجة أنبهار البدوى بقبة السماء التى يسبح بفكرة فى أرجائها وهو مضطجع على رمال الصحراء الباردة فى الليل .

ولقد أعطى موقع صحارى العالم القديم بين الأراضى ذات الإمكانيات التجارية لكل من إقليم السفانا والغابات المدارية المطيرة فى الجنوب ، ومناطق الغنى فى الشرق الأقصى ، وحضارات حوض البحر المتوسط فى الشمال ، نمطا للحياة بديلا لمهنة الرعى وإن كان مشتقا منها ومرتبطا بها ومعرضا لضوابط بيئية مماثلة ألا وهو تجارة القوافل . وليست هناك نظائر لتجارة القوافل فى جنوب أفريقيا واستراليا والأمريكتين ، إذ

أن التبادل التجارى فى تلك المناطق كان تبادلا داخليا وليس بينها وبين المناطق المحيطة . غير أن تجارة القوافل كانت معروفة منذ أمد بعيد فى صحارى العالم القديم كمهنة هامة ومربحة وإن كانت قد أرتبطت بها عمليات النهب والسلب . ومبتدئا بعملية نقل المياه والخيام ومنتجات الواحات من أجل الاستخدام الشخصى ، وسع البدوى دائرة نشاطه وبدأ ينقلها للغير . فأدى ذلك إلى نظام تجارى لا يعتمد فقط على الجمل الذى كان يستخدم أساساً فى المناطق الشديدة الجفاف بل أعتمد أيضا على الثور والحصان والحمار والبغل . فلقد كان مصروفا ، على سبيل المثال ، أن البضائع التى كانت تنقل عبر الصحراء الكبرى كانت تحول من الجمال إلى الثيران فى منطقة الهوامش شبه الجافة ، ولقد سار هذا التخصص فى أنواع الحيوانات المستخدمة فى النقل موازيا للأهتمام بأنواع معينة من البضائع فجماعة Kal - Oui إحدى فروع قبيلة الطوارق فى جنوب الصحراء الكبرى ــ كانت تنقل الدخن والملابس القطنية من السودان إلى بلما Bilma بالقرب من بحيرة تشاد وتعود ومعها الملح . كما تخصصت بعض القوافل الصحراوية فى نقل الرقيق الذين كانوا يجلبون بأعداد وفيرة إلى الموانى الصحراوية مثل تمبكتو وجلو Gao ولولا البدوى التاجر وقوافلة ، ما كانت هناك حلقة الوصل بين أرض التوابل والحرير فى الشرق الأقصى وأوربا القرون الوسطى . فالصحاوى التى تفصل البحر المتوسط عن المحيط الهندى كان يمكن أن تظل لفترة طويلة الحاجز الواضح على خريطة الاستغلال الأقتصادى للعالم القديم . كما لا يجب أن نغفل الدور الذى كان يقوم به البدوى التاجر فى نقل الحجاج إلى الى مكة المكرمة ــ ألم يكن محمد صلوات الله عليه نفسه أحد تجار القوافل ؟ ؛ إلا أن تجارة القوافل قد أصبحت تدريجيا صورة من النشاط البدوى القديم . فانحدرت نتيجة لذلك قيمة الجمل ــ ففى تاجانت Tagant (موريتانيا) كان الجمل فى عام ٩١٠ يساوى عشر بقرات حلوب ، إلا أنه اليوم لا يساوى إلا بقرة واحدة ، هذا ولم تعد الحاجة ضرورية إلى استخدام الـ ١٥٠٠٠ جمل التى كانت تتكون منها القافلة المتنقلة بين تمبكتو وتوادينى Taoudeni . فلقد ساهمت وسائل النقل الحديثة وأكتشاف البترول فى الصحراء وأفتتاح الطرق البحرية

وقمع تجارة الرقيق وإشاعة الشعور بالأمن فى الحد من تجارة القوافل وما يتبعها من قرصنة صحراوية ، فأصبح الطوارق الآن رجل شرطة .

ولاضمحلال تجارة القوافل علاقة بأضمحلال الرعى المتنقل ، فهناك فى معظم مناطق العالم ميل نحو توطين البنوى الذى ساءت حالته الإقتصادية نتيجة التوسع فى زراعة المناطق التى كان يمارس فيها حرفة الرعى ، وكذلك نتيجة الحماية التى أعطتها السلطات المدنية هذين كانوا يقومون من قبل بحماية الواحات وحراسة القوافل الصحراوية . ولربما تولد الشعور بالتحول إلى حياة الاستقرار بين الرعاة أنفسهم ، ذلك لأن الزيادة فى أعدادهم قد أدت إلى ضغوط أكرهت الجماعات الضعيفة على العيش فى هوامش المناطق الرعوية . ولقد طرددت هذه الجماعات كما هو الحال فى شبه الجزيرة العربية ، إلى مناطق أكثر أمنا حيث أرتبطت سلميا بالزراع فى تلك المناطق وأصبح أفرادها رعاة رغم على أتصال بالمدن والقرى فى كل من سوريا والعراق . كما أن الحياة بالقرب من المياه الدائمة ووجود الأسواق لبيع الأغنام والأصواف واللحوم والألبان فى المدن كانت أكثر أجتذابا لهؤلاء الرعاة الذين كانوا لا يعرفون من قبل سوى حياة العنف الضرورية لبقاء المجتمعات الرعوية . ومع هذا كله فإنهم يظللون يعيشون ويعملون مع الحيوانات التى يمكن لها كل راع فى جميع أنحاء العالم فى نفس كل الحب .

غير أنه فى أماكن أخرى كان أسلوب المهادفة ، كما هو الحال بالنسبة للفرنسيين فى الصحراء الأفريقية ، هو الوسيلة التى تمكنوا بها من تحويل البدو الحقيقيين إلى أشباه بدو ثم تحويل التمطين إلى حياة مستقرة . حقيقة أنه كانت هناك محاولات لإيقاف هذه العملية بسبب ظروف إجتماعية وسياسية معينة ؛ بيد أن أقطار المناطق الجافة قد ووجهت بصورة متزايدة بمشكلة استيعابهم وتعليمهم والوسائل التى يمكن استخدمها لتشجيع القبائل البدوية وشبه البدوية على قبول حياة الأستقرار . كما أعطت التحسينات التى أدخلت على المناطق الجافة عن العالم القديم العديد من الفرص من أجل تشغيلهم كالعمل فى بناء الطرق ومد السكك الحديدية وشق الترع ومشاريع

الرى . وفوق هذا وذاك كان لاكتشاف البترول فى تلك المناطق القوة الفعالة فى جذبهم ، لا لأنه قد أعطاهم فرص العمل المباشر فحسب ولكن لأنه أعطاهم فرص الاتصال بالعالم الخارجى . غير أن مثل هذه التطويرات الصحراوية كانت ذات تأثير غير مباشر وغير دائم . أما فى كل من مصر وسوريا والعراق فقد أمكن التوصل إلى برامج من أجل توطين البدو ، وقد ساعد على تنفيذ هذه البرامج قوانين الإصلاح الزراعى الرئيسية التى قللت من الملكية الزراعية وكذلك التوسع فى نظم الرى ساعدت على زيادة رقعة الأرض الزراعية ، تلك الرقعة التى أصبحت هى والأراضى المنزرعة الملكية من أصحاب الضيعات الزراعية من نصيب البدو والزراع المعدمين . ولما كان البدو يرفضون العيش مع الطبقات الدنيا من المجتمعات المستقرة فإن الحاجة إلى برامج تعليمهم فنيا تكون ماسة ، وإلا فإنهم سيزيدون من حجم القطاعات الفقيرة فى تلك المجتمعات الموجودة فى نطاق الأراضى الجافة . ولكل قطر مشاكله الأجتماعية والسياسية والبيئية الخاصة به ، وحل المشكلة لابد وأن يكون مختلفا فى كل منها ، ولكن يكمن الخطأ فى تجاهل مهاراتهم الرعوية المتوارثة فى المناطق التى تسمح فيها البيئة بممارسة حرفة الرعى .

ولقد كان رعى الحيوانات فى الماضى كما هو الحال فى الوقت الحاضر ، قائما على الثروة الحيوانية وزيادتها دون ذبحها من أجل لحما ، إذ أن ذبحها يعتبر تبديدا لرأس المال المتوفر ، الأمر الذى يترتب عليه تدهور الثروة الفردية أو العائلية فى مقابل إنتاج اللحوم قصير المدى . ولكن قد يتم ذبح بعض الحيوانات عند بعض الجماعات الرعوية عندما تصبح هذه الحيوانات هزيلة وضعيفة ، أو عندما تصاب بالخروج ، أو عندما تصبح طاعنة بحيث لا تقدر على الترحال مع بقية القطيع . وتعتمد جماعات الرعاة كما هو الحال بالنسبة لجماعات الهوسا Hauss والفولانى Fulani فى غرب إفريقيا ، أو جماعة الصومالى Somalis والتركانا Turkane والماساى Masai فى المناطق الجافة من شرق إفريقيا ، فى غذائها بأستمرار على دماء الحيوانات وألبانها وعليه يمكن أن تكون الحيوانات هنا بمثابة مقطرات للمياه ذات الملوحة العالية بدرجة إيصعب على الإنسان

شربها ، أو تزداد فيها كميات الفلوريدات Fluorides بصورة ضارة بصحته . وأبعد من هذا ، فكما أشار Pearsall « أن أستخدام اللبن والدم كغذاء يقلل بدرجة كبيرة من الفاقد بعمليات التحويل فى تلك البيئات الجافة . فبينما يمثل لحم الحيوان فى أحسن الأحوال ١/١٠ كمية البروتين الموجودة أصلا فى المواد التى يتغذى عليها الحيوان ، فإن البروتين الذى يوجد فى اللبن يمثل ١/٤ كمية البروتين الأصلية وكذلك يكون الحال بالنسبة للدم »(١) . وفى نفس الوقت فإن كثرة الفاقد من الحيوانات لذبوحة (وذلك على الرغم من أن الشعوب البدائية ، أى الشعوب التى أعتادت على النقص فى الغذاء ، تستهلك من الحيوان المذبوح أكثر بكثير مما تستهلكة الشعوب المتحضرة) تعنى أنه لا يؤكل من الحيوان المذبوح سوى ما نسبته ٤٠ ٪ من وزنه . وكان أهتمام رعاة الأغنام فى العالم القديم بالصوف أكثر من إهتمامهم باللحم . وإنه لعلى الرغم من استبدال الأغنام والمعز والجمال والماشية بمنتجات الواحات ، غير أن عدد الحيوانات المستبدلة يعد ضئيلا جدا إذا ما قورن بالعدد الكلى للقطيع . وتتضح حقيقة استمرار تزايد عدد القطعان بدرجة قد لا يتحملها المرعى ، بما لحق بعض المناطق التى تزداد فيها عمليات الرعى من دمار وتخريب . وفى ظل الظروف الطبيعية ، تعنى سنوات الجفاف نقصانا فى حجم الحيوانات بما يعادل ١/١٠ وزن النباتات الجافة التى يتغذى عليها الحيوان .

ولقد أدى توغل الأوربيين فى الأراضى العشبية الجافة لكل من الأمريكتين وإفريقيا جنوب الدائرة الإستوائية واستراليا ، إلى وجود نمط رعوى يختلف عن ذلك الذى يوجد فى الأجزاء الأخرى من العالم القديم . ففى كثير من المناطق الجديدة سبقت عملية الرعى حرفة الزراعة ، إذ أصطحب المهاجرون الجدد معهم حيواناتهم المستأنسة إلى تلك المناطق العشبية البكر نسبيا فى غرب أمريكا الشمالية وجنوب إفريقا وكذلك

W.H.: Pearsall, Survival in Drought, New Scientist (Nov., 1961) 23 p. 491.

استراليا . وهنا كانت عملية رعى الحيوانات فى مناطق ذات كثافة سكانية منخفضة كهذه ، عملية يسيرة إذ لا يحتاج الرعاة إلى التنافس على أرض سبقهم إليها الزراع . ولقد أدى إنعكاس هذا الوضع إلى صدام كبير بين الرعاة وزارعى الحبوب ، على استخدام الأرض فى تلك المناطق ، مثلما حدث فى أمريكا الشمالية . ويتمثل الأختلاف الرئيسى الثانى فى أن كثيرا من الحيوانات لم تكن تربى من أجل إنتاجها من الألبان والشعر والصوف ، لكن من أجل لحومها حيث كانت الحيوانات تصدر حية (على الحافر) أو مدبوحة إلى مراكز العمران المتطورة فى تلك الأراضى الجديدة ، ثم تلا ذلك تعليبها وتبريدها فى ثلاجات وتصديرها إلى الأقطار الكبرى المستوردة للحوم فى العالم القديم ومن الأختلافات الرئيسية الأخرى هو أنه على الرغم من أعتبار عملية الرعى التى أدراها الأوربيون عملية ترحالية إلى حد ما حول مرعى رئيسى يوجد عند نقطة يمكن الحصول فيها على المياه ، إلا أن هذا النوع من الرعى ليس رعيا بدويا أو متجولا وإن كان يمكن تسميته برعى الحركة الفصلية Transhumant . ولم يكن هناك رعى بدوى متجول فى العالم الجديد قبل وصول الأسبان الذين أحضروا معهم الحصان الذى كان ضروريا فى رعى قطعان الأغنام والماشية فوق مثل هذه المساحات الشاسعة . وقد تتساوى مساحات قليلة من هذه المناطق الرعوية فى إنتاجيتها مع المناطق التى تسقط عليها الأمطار الشتوية فى الأراضى الصحراوية العشبية بجنوب شرق صحراء أريزونا ، غير أنها يمكن أن تتحمل فى المتوسط حوالى ١٥ رأسا من الماشية فى الميل المربع الواحد (قارن هذه الكثافة بكثافة الأغنام التى تصل إلى ٣٠٠ رأساً فى الميل المربع الواحد فى مرتفعات اسكتلند ويقوم برعيها راع واحد) .

وتعتبر هذه الكثافة المنخفضة فى رعى الماشية الحلقة الحقيقية بين الرعى المتنقل فى العالم القديم ومقابلة الأوربى فى المناطق العشبية الجافة . ولقد أتضح أن الهجرة والحركة الفصلتين هما استجابة أساسية للفصلية فى نمو النباتات التى تتحكم فيها الأمطار أكثر من درجة الحرارة فى الأراضى شبه الجافة الحارة ، وتكون الظروف أكثر تعقيداً فى المناطق

التى يكون فيها المطر فجائيا وليس فصليا . ومن ثم ترتبط مقدرة المرعى على تحمل حيوانات الرعى بأدنى مستوى لنمو النبات الذى يتفق وأجف أوقات السنة . ولقد قبل أن الرعى فى المناطق المدارية يتطلب مساحات كبيرة نظرا لوجود فصل جفاف فى مثل هذه المناطق ، غير أن هذا الأفتراض قد بنى على أساس عدم وجود هجرات أو حركات فصلية أو إدارة علمية لعملية الرعى . وهنا يمكن العمل فى سبيل الحفاظ على الأعشاب والشجيرات وأختزان المياه ، غير أن هذه الوسائل تتطلب مستوى عاليا من فن إدارة المراعى ، ذلك الفن الذى استغرق الراعى الأوربى فى الولايات المتحدة وأفريقيا وكذا فى استراليا وقتا طويلا فى تعلمه . ولقد كان معروفا أن الهجرة هى السبب الوحيد فى أنهيار المراعى ، وبخاصة قبل تصوير أراضى الرعى ، أما الآن فقد أصبح فى الإمكان تطبيق دورة عشبية للحفاظ على علف الحيوانات والإبقاء على الرطوبة فى الوقت الذى يمكن فيه زراعة نباتات العلف فى الأراضى الزراعية المتاخمة القطاعات الرعوية ، وغالبا ما تتم هذه المحاولات الأحدث فى ظل نظام الرى .

ولقد كانت الماشية والأغنام ، وفى فترة أسبق الخيول ، حيونات الرعى الرئيسية التى كان يرعاها الأوربيون فى العالم الجديد وأفريقيا وكذا فى استراليا . وهناك جدل حول ما إذا كانت هذه الحيوانات هى أفضل الأنواع التى يتحول عن طريقها العشب إلى غذاء للأنسان . وإن كان أختيارها فى المناطق شبه الجافة له ما يبرره ، فهى الحيوانات التى يعرفها المستعمرون الأوربيون معرفة جيدة ، وإن كان المستعمرون غير أوربين ، فلربما كانت هذه الحيوانات هى الياك أو اللاما . ويعتبر أختيار الحيوان الذى يمكن أن يتلائم تلاؤما حسنا مع المراعى الموجودة المشكلة الرئيسية فى جميع الأعمال الرعوية الناجحة . ولقد كان إدخال السلالات الأوربية غاية فى النجاح ، حيث تكون الظروف البيئية مشابهة لتلك الظروف التى تسود الأراضى المطيرة والتى جلبت منها هذه السلالات . وعلى الرغم من ذلك ، فلقد كانت هناك نتائج أفضل كثيراً فى عديد من الأراضى الجافة من حيث الإنتاجية المرتفعة من اللحم واللبن والصوف . ولقد أمكن التوصل إلى

ذلك ، إما بأختيار السلالات المنتقاة للحيوانات المحلية والتى غالبا ما تتميز بمقاومتها العالية للأمراض المتوطنة ، وإما عن طريق التهجين بين تلك السلالات الوطنية وتلك الأوربية والتى لها من المقدرات الفائقة فى تحويل العشب إلى غذاء ، أى تلك التى تتمتع بمعدلات إنتاجية مرتفعة . وكانت أحسن الأمثلة على ذلك عملية تهجين الأبقار الأوربية مع الزيبو Zebu ذات السنام فى شرق أفريقيا ، أو تهجين الغنم الأوربى مثل المارينو Merino الأسبانى مع الأغنام الوطنية ذات الذيول السميكة فى جنوب أفريقيا . أما فى أمريكا الشمالية فكان البقر المعروف بأسم تكساس لونج هورن Texss Longhcrn قادرا على العيش بأقل قدر من المياه والأعشاب ، إلا أن عطاءه من اللحم كان قليلا وليس من النوع الجيد ، غير أنه كان قادرا على تحمل قسوة جر العربات على القضبان لمسافة قد تصل فى بعض الأحيان إلى أكثر من ١٦٠٠ كيلو مترا (١٠٠٠ ميل) ، وإن كان يصل فى نهاية تلك الرحلة إلى حالة سيئة . ولقد أدى تهجينه مع النوع المعروف بأسم هيرفورد Herefords إلى تحسين نوعه ، وما كان يقدر له النجاح من الناحية التجارية بغير أمتداد شبكة السكك الحديدية فى الولايات المتحدة الأمريكية ، ذلك الإمتداد الذى قلل من المسافات التى تحتاج إلى استخدام هذا الحيوان . ولقد كانت هناك أحدث من هذا عمليات تهجين بين الهيرفورد والنوع المعروف بأسم ثور الخلاء الأمريكى American Bison فى محاولة الحصول على حيوان يمكنه تحمل موجات البرد القارسة التى تحتاج المراعى المكشوفة فى المناطق الأكثر مطرا عند الهوامش الشرقية لجبال الروكى .

وغالبا ما كانت المشكلة الأساسية هى فى أختيار الحيوان أكثر من تربيته وكذلك الصرعات التى كانت تنشب بين رعاة الأغنام وأصحاب مراعى الماشية الواسعة ، تلك الصرعات التى كانت مماثلة للصراع بين رعاة الماشية والزراع فى الأراضى الجافة . ولربما كانت الأغنام أكثر تأقلما من الماشية للمناخات الجافة وذلك لأنها تحتاج إلى كميات أقل من الأعشاب ، ولأنها أقدر من الماشية على الاستفادة من بقايا النباتات المتناثرة .

غير أنه كانت هناك من ناحية أخرى شكاوى من قبل أصحاب مراعى الماشية فى الولايات المتحدة الأمريكية من أن قطعان الأغنام تعتبر أكثر الحيوانات تخريبا للمراعى لانتزاعها النباتات من جذورها تاركة بذلك الأرض عارية ومعرضة لأضرار فعل التعرية الهوائية . وليس من شك فى أن هناك كراهية وتعصبا ضد الأغنام ، وقد يكون هذا راجعا بعض الشيء إلى أن آكل اللحم الأمريكى يفضل لحم الماشية على لحم الأغنام ، كما قد تكون هذه الكراهية بسبب بطء حركة الأغنام أثناء فترة الزحف صوب الغرب . وقد أمتدت كراهية رعاة الماشية بطبيعة الحال لتشمل الزراع الذين تبعوا الرعاة فى الأرض الجافة من غرب القارة الأمريكية الشمالية والذين بدأوا فى تسوير الأرض لمنع القطعان المتنقلة من الماشية من دهم حقولهم واستخدام الينابيع التى اعتمد عليها نظام المنتفعين الزراعيين . ونتيجة للنقص فى نقط مصادر المياه ، أصبحت مساحات شاسعة من الأراضى الرعوية لا يستخدامها الرعاة الذين ليس لهم حق ملكية الأرض التى جالت بها قطعان ماشيتهم . ولقد كان هذا الصراع بين الراعى والزارع معروفا خلال فترة التطور التى سار فيها الغرب الأمريكى ، غير أن هذا النزاع يعتبر بطبيعة الحال متناقضا مع التعاون النسبى بين كل من البدوى وزارع الواحة فى الأراضى الجافة من العالم القديم . أما الآن فقد أصبحت الزراعة على الرى من أجل محاصيل العلف مثل البرسيم الحجازى تعطى مجالا للتعاون الذى ينبغى أن تعتمد عليه كل الزراعات الناجحة فى الأراضى الجافة .

ولقد كان راعى الماشية فى أمريكا الشمالية هو الرائد الذى مهد السبيل أمام الرعاة ليتوغلوا فى الجنوب الغربى الجاف ويملأوا الأراضى الواسعة الخالية التى أخترقها المهاجرون الباحثون عن الثراء من وراء الذهب الذى كان أول أكتشاف له عند قلعة ساترز SUtters Fort فى كاليفورنيا عام ١٨٤٨ . وكانت المسالك التى سلكها هؤلاء الباحثون عن الذهب تخترق أرض القبائل الهندية الذين كانوا يصطادون ثور الخلاء الأمريكى الذى كان يرتع فى تلك الأراضى العشبية . وبحلول عام ١٨٦٠ بدأ الرعاة فى التحرك إلى

تلك المناطق وزادوا من نشاطهم الرعوى ، وساعدهم على ذلك خطوط السكك الحديدية كانت تقفو إثرهم صوب الغرب . أما فى كل من أفريقيا واستراليا فإن راعى الأغنام وليس راعى الماشية هو أول من أرتاد النشاط فى المناطق الجافة .

ولقد دب النشاط فى التطور الرعوى فى الأراضى الأكثر جفافا من جنوب أفريقيا ، ميتدئا بإنشاء محطات عند Table Bay أقامها الهولنديون فى عام ١٨٦٢ من أجل خدمة السفن التى كانت رأس الرجاء الصالح بالنسبة لها فى منتصف الطريق من وإلى الشرق . فبعد زراعة الحبوب ومزارع العنب فى فصل الشتاء ، بمناطق سقوط الأمطار والتى كان يمكن للعربات أن تتوغل إليها من الميناء ، التفت المستعمرون إلى تربية الماشية والأهتمام بالمراعى التى تقع إلى الشمال فى مناطق قبائل الهوتنتون التى لم تبدأ أية مقاومة أمام طلائع هؤلاء الرعاة . وبازدياد الحاجة إلى اللحوم لسفن نقل الجنود والسفن الحربية وبخاصة بعد عام ١٧٣٠ ، وسع المستعمرون نشاطهم الرعوى إلى هضبة الكارو حيث تجود تربية الأغنام التى يمكن نقلها من مناطق تربيتها لمسافات تصل إلى أكثر من ٢٤١ كيلو مترا (١٥٠ ميل) إلى مدينة الرأس ، وهى ما تزال فى حالة جيدة من السمنة من أجل تصديرها إلى الأسواق الخارجية ، وذلك بمساعدة الهوتنتوت الذين — على عكس الهنود الحمر فى أمريكا الشمالية — سريعاً ما أندمجوا فى النشاط الأقتصادى الذى قام به المستعمرون الأوربيون فى مناطقهم . وهنا فى جنوب أفريقا ، كان نظام الهجرة (الترحال) بالنسبة للراعى أوضح منه فى أمريكا الشمالية ، كما كان الكثيرون من رعاة الأغنام يقضون حياتهم مع عائلتهم فى عربات مغطاه ، ويعشون حياة تكاد تكون بدويه ترحالية متتبعين مناطق الأعشاب كلما ظهرت مع سقوط الأمطار . وعلى النقيض من الراعى الأمريكية ، كان على الرعاة فى مراعى جنوب أفريقيا أن يتصارعوا مع أخطار كبيرة — كهجرات الأعداد الضخمة من الحيوانات المفترسة (وتبين التقديرات أعداد الغزلان البرية فى جنوب أفريقيا والمعروف بأسم Springhok بمئات الآلاف) التى سيقت أمام قسوة الجفاف من مراعيها الطبيعية العادية مكتسحة منطقة الكارو الدنيا

ومحطمة أمامها كل ما كان موجودا ، مثلما فى ذلك تماما مثل أسراب الجراد التى كان على الرعاة فى جنوب أفريقيا أن يتصارعوا معها أيضاً .

ومنذ هذه البدايات المبكرة فى بيئة صعبة جافة تغيرت حرفة الرعى مع بداية القرن الثامن عشر بإدخال الأغنام الأسبانية المعروفة بأسم « أسكوريال مارينو Escurial Merino » مع الأحتلال البريطانى فى عام ١٧٩٥ . فلقد أضاف المارينو النقى وكذلك المهجن إلى إنتاج اللحوم والشحم إنتاج الصوف ، وذلك لأن أغنام المارينو تعتبر مزدوجة الفائدة . كما أن هذا النوع من الأغنام قد أرسى قاعدة تجارية تصديرية وذلك لتحمله الرحلة الطويلة إلى أوربا . وهنا أيضاً أصبح المعز عنصرا أساسيا ورئيسيا فى حرفة الرعى ، وذلك لأن لحمها كان غالبا ، وبخاصة فى المناطق التى يزداد فيها فقر المرعى . وبالإضافة إلى ذلك يمكن استخدام المعز فى قيادة قطعان الأغنام أثناء عمليات الترحال ، كما أنه يعطى سلعة ثمينة للتصدير متمثلة فى جلده (النوع المعروف بأسم Cape) ولقد زادت أهمية تربية المعز فى جنوب أفريقيا وبخاصة ذلك النوع منه المعروف بأسم أنجورا Angora ، وذلك بعد صناعة الموهير فى بريطانيا . أما النعام فقد قل الأهتمام بتربيته نتيجة تطور « الموضة » التى جعلت استخدام ريش النعام ضئيلا . غير أن حاجة النعامة إلى أعشاب العلف (البرسيم الحجازى) قد أدت أثناء الأهتمام بتربيته إلى قيام بعض مشاريع الرى الصغيرة لرى أعشاب العلف والتى مازالت منذ ذلك الحين مفيدة كمراعى تتغذى عليها الماشية . ويعتبر سجل النشاط الرعوى فى المناطق الجافة فى جنوب إفريقا ، من ثم مبهرا ، ليس من حيث حجمه ولكن من حيث أختلاف أو تعدد أنواع الحيوانات التى ترعى . فهناك الأغنام والمعز والماشية والثيران والخيول وكذلك النعام ، وهذه كلها توضح مجالات أوسع من الأقتصار على تربية الماشية والأغنام كما هو الحال فى أمريكا الشمالية ، كما تشير إلى إمكانية ممارسة رعى مثل هذه الحيوانات فى الأراضى الجافة بالقسم الشمالى من القارة الأفريقية والشرق الأوسط .

وكانت الظروف فى القارة الاسترالية بالنسبة للمهاجر الأول مختلفة تماما عن تلك التى أدت إلى الأنتشار الأمريكى الغرب أو أدت إلى حركة المستعمر من مدينة الرأس وأنتشار نشاطة الرعوى صوب الشمال فى جنوب أفريقيا . كما كانت استراليا بيئات الأراضى الجافة تعديلا بواسطة الانسان ، فى الوقت الذى كانت الحيوانات الوطنية بها قليلة نوعا وعدداً . وعندما أبحر الأسطول البحرى الذى يحمل المجرمين البريطانيين إلى ميناء سيدنى فى عام ١٧٨٨ بقيادة الحاكم فيليب Philip . كان الهدف الأول هو العيش فى المناطق ذات المياه الوفيرة حول الخليج البحرى مباشرة ولم يكن إلا فى حوالى عام ١٨٢٠ عندما بدأت الحركات الرئيسية لكبرى إلى المناطق الجافة خلف الحاجز الجبلى العظيم فى وقت أشتد فيه الطلب على الصوف فى بريطانيا ، وكان الاضمحلال الأقتصادى بعد الحروب النابوليوبية ، الأمر الذى شجع كثيراً من العائلات الإنجليزية على اللحاق بالمستوطنين المجرمين السابقين . ونظراً لعدم وجود أسواق للحوم الأغنام التى كان المستعمرون فى منطقة الكاب يربونها ، كان التركيز واضحا على إنتاج الصوف ، أما الماشية فكانت أقل أهمية نظرا لأنها بأستثناء أستخدامها كحيوانات جر لم تكن هناك الأسواق الكبيرة التى تستوعب إنتاجها من لحوم فيما عدا الشحم والجلود أما أغنام المارينو التى كانت تشحن فى عام ١٧٩٦ من منطقة الرأس كانت من أجل تدعيم خدمة الرعى فى استراليا . وكانت هذه العملية محدودة فى بادىء الأمر وذلك لاحتياجها إلى المرعى الذى كان فى حدود أميال قليلة بالقرب من مصادر المياه التى كانت تتناقص تدريجياً ناحية الغرب وإن كانت أعشاب الرعى موجودة بحالة جيدة . ولم يصبح استغلال الأراضى الجافة ممكنا فى تربية الأغنام إلا منذ أبتداء أستثمار أحواض المياه الأرتوازية فى حوالى عام ١٨٠٨ . ولقد جلبت الأغنام فى هذه الأثناء أساساً لتوفير الغذاء ، إلا أنها خرجت عن الطوق ، وتكاثر عددها بصورة لم تمكن معها السيطرة عليها ، فأصبحت هى والجفاف عاملين متنافيسن فى تقليل المساحة التى يمكن الرعى فيها . وكان نظام الهجرة مستخدماً أيضاً فى استراليا فى حدود نطاق الموارد المائية ، وذلك بالنسبة لرعى الماشية أكثر منه بالنسبة لرعى الأغنام التى لم يكن انتقالها

سهلا وراء الكلأ ذى النباتات القصيرة العمر التى تنمو بعد رخات المطر ، وكذلك النباتات التى تتحمل الملوحة والأكثر استمرار .

ولقد بدأت حرفة رعى الماشية فى استراليا بالحيوانات التى جلبت من إقليم البنجال من أجل إطعام الجنود والمجرمين فى منطقة ميناء فيليب Port Philip ولكنها انتشرت بعد ذلك فى المناطق الداخلية الأكثر جفافا حيث حدود الاستقرار البشرى بعيدا عن المناطق الأكثر مطرا فى الشرق . ولقد قدمت ماشية اللحم ميزات معينة عندما زادت الحاجة إلى اللحوم فى استراليا ، بسبب أنتشار مخيمات مناجم الذهب ، فى الوقت الذى قضت الثلاجات فيه على مشكلة البعد عن الأسواق العالمية غير أن التقدم فى حرفة رعى الماشية قد عانى من منافسة اللحم الأرجنتينى بحيث أصبحت محطة تربية الأغنام التى شغلت رقعة من الأرض مساحتها ٢٠٢٣٥ هكتارا (١٥٠ ألف فدان) ، وأهمية ما تعطيه من صوف هى التى تسود النشاط الرعوى فى الأراضى الجافة باستراليا

وفى كل مكان من الأراضى الجافة وشبه الجافة ، ووجه الراعى — سواء البدوى وشبه البدوى فى العالم القديم ، أو رعاة البقر فى أمريكا الشمالية ، أو راعى الغنم الاسترالى — بمشكلة التحكم فى الإمكانيات المتغيرة لأعداد الحيوانات التى يرعاها فى أرضة . وكان التباين الكبير فى كميات الأمطار كذلك فى مساحات مناطق الكلأ ، بمثابة المشكلة الأساسية والدائمة التى تعرقل عملية التحكم هذه . ويتم ذلك إما بتقليل أعداد القطيع أثناء السنوات الجاف ، أو عن طريق الهجرة إلى مناطق أغنى كلا . وقد أمكن استخدام كليهما ، حيث كانت الموارد الاقتصادية والتكنولوجية متوفرة ، وذلك بنقل الحيوانات بوسائل النقل الحديثة إلى مناطق العلف ، أو بإحضار العلف إلى الحيوانات . وتتطب حلول كهذه استعمال الموارد العلمية لحل المشاكل فى المناطق الجافة ، كبناء الطرق الجيدة ومد خطوط السكك الحديدية ، وذلك لتطوير أقتصاديات هذه المناطق التى ترتبط عادة بالمناطق المطيرة . وهناك صور من الاستغلال الأقتصادى للأراضى الجافة غير الزراعة والرعى آخذة فى التطور بأستمرار ، وستكون الآفاق التى توضحها أهم من تلك التى تناولناها حتى الآن .

الفصل الثامن

مستقبل الأراضى الجافة

مستقبل الأراضى الجافة

لقد استخدمت الوسائل العلمية للتكنولوجية منذ بداية ما قبل التاريخ فى حل مشاكل البيئة فى المناطق الجافة ، وليس هناك ما يدعو إلى الشك فى أن هذه العملية سيزداد التركيز عليها كلما ضاقت المنطقة الرطبة بسكانها . فلقد أمتدت بالفعل عملية الرى إلى مناطق شاسعة لم يمسها من قبل محراث الزراع ، كما أدخلت عملية الرى الجديد إلى بعض المناطق الجافة فأعادت إليها أزدهارها بعد ما أصابها من دمار بسبب ما تعرضت له من غزوات أو إغرات أو ما حل بها من أنهيار أجتماعى خلال الفترات التاريخية . ولقد أدى تطوير استغلال الموارد الرعوية فى المناطق شبه الجافة إلى زيادة أعداد الحيوانات التى تعتمد فى الشرب على مياه الآبار العميقة والحفر الضحلة . كما ساعدت السكك الحديدية واللوريات على سرعة نقل البضائع والإنسان ، على الدروب الصحراوية التى كانت تسلكها من قبل القوافل البطيئة وقطارات نقل البضائع فلقد أخترقت اليخوت الصحراوية الصحراء الأفريقية كما زاد الطريق رقم ٦٦ من حركة النقل عبر جنوب الولايات المتحدة إلى كاليفورنيا . ولقد رفع إدخال التكنولوجيا على الوسائل التقليدية فى استغلال الأرض ، والنقل ، وبناء المساكن والمدن ، من القيمة الأقتصادية للثلث الجاف Dry Third . وهنا لا يبدو وجود صعوبات مستعصية أمام جعل الصحراء مزدهرة وبخاصة حيثما توجد التربة القديمة مغطاة بغلافة رقيقة من الرمل أو الحصى . وإذا كانت المياه سهلة المنال من الأنهار الدائمة الجريان ، أو كانت متوفرة فى خزانات أرضية ، أو محتجزة أمام السدود العالية ، أو إذا قلت تكاليف تقطير المياه الملحة عما هى عليه ، عندئذ يبدو الإنتاج الزراعى أو حتى الغابى مؤكد الحدوث . ويبدو أن الزراعة التجارية والرى على نطاق كبير ممكنين على الأقل فى الأراضى شبه الجافة التى كثيراً ما أقترح استغلالها على هذا النحو كحل ممكن لمشاكل الغذاء فى العالم .

وعلاوة على ذلك فلا يزال فى الإمكان التوصل إلى طرق أخرى فى استغلال الأرض والموارد المائية ، يمكن أن تكون بديلا عن الوسائل التقليدية وإن كانت متطورة . ولقد حول استخراج الزيت والغاز الطبيعى من صحراء إفريقيا والشرق الأوسط دول هذه المناطق إلى دول محفوظة من الناحية الأقتصادية بأمتلاكها لهذه الموارد إذ يسهل حصول مجتمعات هذه الأقطار حتى الفقيرة منها على رأس المال الأجنبى ، كما تقدم لها المساعدات الفنية دون قيد أو شرط . وتعيد عملية التغير هذه التى تعيشها تلك الأقطار إلى أذهاننا مراحل التطور التكنولوجى التى عاشتها المناطق الجافة فى جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية ، وغرب أمريكا الجنوبية واستراليا . وينقل الزيت والغاز الطبيعى بواسطة الأنابيب عبر صحراء شمال إفريقيا والصحراء الليبية ، ومن كل من العراق وإيران إلى موانى الشحن على السواحل المتربة المقفرة التى تنتشر بها ناطحات السحاب . وتحتم متطلبات التكنولوجيا العسكرية تفضيل أختيار المناطق الجافة القليلة السكان والسهلية ذات السماء الصافية أو ذات الغيوم القليلة على مناطق الغابات الرطبة ذات السماء الملبدة بالسحب عند إجراء التجارب على الطيران وإطلاق الصواريخ والقذائف الصاروخية الموجهة . ويتخذ السياح الذين يرغبون فى أشعة الشمس الصحراء كمكان للترفيه والاستجمام الذى يتحقق لهم بتوفر الفنادق الصغيرة والمنازل المكيفة الهواء بالاضافة إلى المدن ومحطات التموين والطرق المرصوفة الجيدة الجيدة المؤدية إلى المطارات رابطة بذلك المناطق الرطبة المعمورة بالأقاليم الجافة قليلة السكان من القارات . غير أن تطوير هذا المراكز العمرانية المنعزلة وتحويلها إلى عمران مدانى لهو استمرار فى استيطان هذه المناطق الجافة ، كما أنه يعتبر وسيلة الربط بين العالمين القديم والجديد . فباستثناء استراليا ، كانت حضارات المدن هى السمة المميزة العامة فى العالم القديم حيث بلغ استخدام البيئة مرحلة سمحت فيها وفرة الغذاء وتنوع العمل بمعيشة تجمعات كبيرة من السكان حول موارد المياه الجيدة . ويستدل على تلك الصلة بين العالمين القديم والجديد بالمقارنة بين كل من « بابل » و « لاس فيجاس » وبين كل من نتوى Nineveh ومونترى Monterrey : وقد يكون تحضر النطاق الجاف وتطوره

الصناعى مفتاحاً لمستقبل هذا النطاق ، كما كان دعامة له فى الماضى .

وتعتمد التجمعات السكانية فى الأراضى الجافة ، مهما كانت أحجامها ، على طرق المواصلات ، فكلما كانت التجمعات كبيرة وجب زيادة كفاءة هذه الطرق . ولقد كانت وسائل النقل الحديثة عبر الصحراء مطلباً قديماً منذ سار « سير دافد بيرد Sir David Baird » فى عام ١٨٠١ على الطريق ما بين القصير على البحر الأحمر وقفط (قرص) على النيل ، وقد فقد ثلاثة من رجاله البالغ عددهم خمسة آلاف رجل ، بينما أشرف كثيرون آخرون منهم على الموت بسبب تلف قرب المياه التى كانوا يحملونها . ومع ذلك فقد استخدمت شركة شبه الجزيرة وخط الشرق Peninsular and Orient Line نفس هذا الطريق ما بين القصير وقنا فى مطلع عام ١٨٣٩ لنقل المسافرين والبريد من البواخر إلى السفن النيلية لتتجنب الإبحار فى خليج السويس . ولقد بدأت أولى محاولات استخدام السيارات فى النقل الصحراوى فى صحراء مصر الغربية ، وتلى ذلك الرحلة الاستكشافية التى قامت بها شركة ستروين الفرنسية فى عام ١٩٢٢ والتى استغرقت عشرين يوما فى عبور الصحراء ما بين مدينتى الجزائر وتمبكتو مستخدمه فى تلك سيارة نصف مجنزرة ، غير أنه فى عام ١٩٤٢ ــــ ١٩٤٣ استطاع الجنرال Leciorc أن يسير قوة عسكرية كبيرة من جنوب الصحراء الكبرى إلى شمالها مستخدماً الديناميت فى توسيع ممر كوريزو Kourizo مدخل هضبة تبستى . وفى ١٢ فبراير عام ١٩٦٧ قامت أثنتا عشر سفينة صحراء (جمل) من كولومب بيشار Colomb Bechar متتبعة سيارة لاندروفر إلى نواكشوط Nouakchott فى موريتانيا عن طريق تندوف Tindouf، زويرات Zouerat ، وكاب تميريس Cap Timiris . وقد استغرقت هذه الرحلة التى يبلغ طولها ٢٢١٨ كيلو مترا (٢٠٠٠ ميل) واحدا وثلاثين يوماً ، وهو مجهود يدل على أن إطلاق سفينة الصحراء على الجمل ليس مجازاً ولكنه حقيقة .

غير أن الصناعة واستغلال المعادن لهما الأثر الكبير فى أزدياد استخدام المواصلات فى المناطق الجافة . فلقد أنشأت شركات التعدين فى صحراء شيلى خطين من الطرق

للسيارات لتساعد على مواجهة زيادة حركة النقل ، بينما أنشيء فى شمال إفريقيا فى عام ١٩٦٢ طريقان يلتقيان فى حاسى مسعود أحدهما من مدينة الجزائر عن طريق حاسى رمل Hassi R'Mel والآخر من مدينة الجزائر أيضاً عن طريق بسكرا Biskra وتوجورت Touggourt وترتبط مناطق استخراج البترول التى يجرى استغلالها فى الصحراء الكبرى بطرق جوية وأخرى للوريات الثقيلة ، ولقد أصبح من المناظر المألوفة أن ترى طوابير اللوريات الثقيلة ذات حمولة عشرة أطنان وهى تقف فى نفس المناخات التى تقف عندها قوافل الجمال قرب بعض العيون الصحراوية التى تنتشر على طول دروب الصحراء الكبرى وبالإضافة إلى خدمة حقول البترول تقوم هذه اللوريات برحلة دائرية تستمر ستة أسابيع ما بين مدينة الجزائر وتمانراسيت Tamanrasset ، مع قليل من الاحتياطات التى لا تتعدى السير فى مجموعات عبر المناطق غير المستقرة سياسيا ، والتى تقع إلى الشمال مباشرة من الأراضى الصحراوية الحقة ، على أن تتبع هذه اللوريات دروباً محددة وأن تحتفظ بأحتياطى من الطعام والماء والوقود . ولقد قدر ما ينقل سنوياً باللوريات على الدروب الأربعة الرئيسية عبر الصحراء الكبرى بحوالى ألف مسافر ومايزيد على ألفى طن من البضائع ، معظمها من الفول السودانى والحنساء والزبد والجلود إلى الشمال ثم من الآلات والسلع الاستهلاكية والنبيذ الجزائرى إلى الجنوب . وفى الوقت الحاضر ، تستغرق الرحلة ما بين تاودنى Taoudeni وتمبكتو أربعة أيام بواسطة اللوريات ، تلك المسافة التى كانت تقطعها قوافل الجاافل الجمال الناقلة للملح فى ثلاثين يوماً . وعلى الرغم مما هو معروف من زيادة تكلفة نقل الطن / ميل عن ضعفى أو ثلاثة أضعاف تكلفة نقلة بالطريقة التقليدية . ورغم ذلك ، فلن تستطيع قوافل الجمال التجارية أن تعيش طويلا .

وفيما عدا الملح ، فإن الاستغلال المعدنى فى المناطق الجافة كان قاصرا على محاولة البحث والكشف عن بعض المعادن الثمينة مثل الذهب والفضة التى يمكن ، رغم صعوبة المواصلات وقلة موارد الطاقة المحلية أن تغرى المنقبين والمغامرين إلى الانطلاق إلى

البيداء . ومع ذلك فهناك العديد من المعادن فى كافة المناطق الجافة يجرى استغلال بعضها حالياً ، وبعضها الآخر لم يستغل بعد فقد أمكن تعدين الفضه والرصاص والفحم فى منغوليا ، كذلك الحديد فى صحراء جوبى ، هذا بينما يأتى ١٠ ٪ من إنتاج العالم من النحاس من تشوكيماتا Chuquimata فى المنطقة الجافة فى شيلى التى تنتج أيضاً حوالى ثلاثة ملايين طن من النترات سنوياً من إقليمها الصحراوية . وتضم مدينة ماريا إلينا Maria Elena التى يرجع تاريخها لعام ١٩٢٦ شركتين من شركات استخراج المعادن ، بينما تقع شركه ثالثة على بعد عشرين ميلا من المدينة السابقة فى بلدة أخرى هى بدرو دى فالديفيا Pedro de Valdivia التى بنيت من أجل هذا الغرض . وإلى هاتين المدينتين تأتى المؤمن غير المتوافرة محلياً من الطعام والماء . ولقد وصل استكشاف الذهب قمته فى غرب استراليا فى أغسطس عام ١٨٩٣ حينما استخرج من كوجلجارى Coolgardie ما مقداره ٥٠٠ أوقية منه فى ساعات قليلة . وهنا كان الماء مشكلة كبرى أستطاعت الحكومة حلها فى البداية بإنشاء بعض نقط التموين على طول الطريق ، ثم تمكنت بعد ذلك من ضخ الماء فى خط أنابيب من خزان أرضى يقع إلى الشرق من منطقة التعدين بمسافة ٥٣١ كيلو مترا (٣٢٠ ميل) عند موندارنج Mundarig قرب الساحل . كما أستطاع الذهب والفضة والبزراكس ، أجتذاب الرجال ، وخلق المدن فى الصحراوى الأمريكية ، إلا أن معظمها قد أنخفض عدده الآن ولم تعد أكثر من مراكز جذب سياحية أو مواقع لتصوير الأفلام التليفزيونية .

ولقد كانت مشكلة المياه بالنسبة لاستخراج تلك المعادن الثمينة قائمة كما كانت بالنسبة لكل من الزراعة والرعى . وأستطاع كل مجتمع فى المناطق الجافة حل مشكلة حقة فى المياه وفق العرف والممارسة التقليدية . ففى الجزائر على سبيل المثال يوجد نظامان أساسيان لاستغلال المياه . ففى ظل أحدهما تعتبر الأرض والماء مما ملكية خاصة ، وتعاملان كوحدة فى السائل القانون مع قليل من الاستثناءات ، بينما يعتبر الماء الملكية الوحيدة ذات القيمة ولا يرتبط بالأرض التى يوجد بها فقد يباع أو يستخدم

وفق ما تقرره المجموعة أو الفرد ، فى ظل النظام الآخر الذى يوجد بصورة أوضح فى المناطق الجنوبية الأكثر جفافا . وحينما بدأ المورمون Mormons فى رى الأراضى المحيطة حول مدينة سولت ليك ، لم تكن هناك مشاكل خاصة بملكية المياه حيث كان ينظر الملكية والمجتمع ككل لا يتجزأ الأمر الذى جعل حقوق أستخدام المياه المشاعة سهلة نسبياً . وبالإضافة إلى ذلك فقد أدخلت مفاهيم حقوق المياه إلى منطقة البحر المتوسط بالعالم القديم عن طريق الاحتكاك بالمواطنين الأسبان فى نيومكسيكو . ويعتمد هذا النظام على إمكانيه أستفادة الشخص من مياه النهر بقدر حاجته دون الالتزام بإعادة أى قدر من هذه المياة للمستفيدين بعده على طول مجرى النهر . غير أن هذه النظام يتعارض بصورة مباشرة مع النظام المشتق من القانون الإنجليزى العام الذى يعطى المالك على النهر حق الاستفادة من المياة المارة بأرضة بكميات غير محددة كما أو كيفاً ـــ طالما أنه سيعيد إلى القناة أو الترعة التى تقع فى الطرف الأدنى من أرضه قدر نفس الكمية التى أستفاد بها من النهر . ولقد أثبتت أسس حقوق الملاك الواقعين على ضفاف المجارى النهرية ، شأنها فى ذلك شأن العديد من الأسس الأقتصادية والأجتماعية الأخرى ، التى نقل أستخدامها من المناطق الرطبة إلى المناطق الجافة ، عدم فاعليتها فى أستغلال الإرسابات المعدنية فى هذه المناطق . أما معدنو التبر من الإرسابات الفيضية فى المناطق الجافة بالولايات المتحدة الأمريكية فقد تبنوا أساساً لحقوق المياه وفق ما كان قد تعورف عليه بينهم ، وهذا النظام يطابق النظام المكسيكى الأسبانى الخاص بحقوق أستخدام المياة ، بمعنى أن يكون الحق أساساً لواضع اليد ، ومن هنا كان لا يمكن تجنب النزاع بين كل من الزارع والراعى وكذلك المعدن . بل وزاد من حدة هذا النزاع أختلاف نظم الاستغلال الأقتصادى خاصة من حيث العائد المالى لكل منها . وحتى يومنا هذا لم يكتمل بعد تقنين شريعة لأسس حقوق المياه ، فلا زالت نظم تلك الحقوق مختلفة من ولاية إلى أخرى .

وإذا كان الماء مطلوباً من حيث كميته لاستخراج المعادن الثمينة فى كل من كلورادو وكاليفورنيا ، فهو أيضا عامل متحكم فى أستغلال المعادن الحديدية وغير الحديدية فى الصحراء الكبرى ، هذا بالإضافة إلى أهميته فى ضخ أحتياطى البترول الذى يقع على عمق كبير من سطح الأرض . وقد كان من حسن حظ الفرنسيين أن وجدوا كميات ضخمة من المياه على عمق ٢١٣٣ مترا (٧٠٠٠ قدماً) من سطح الأرض ، عندما كانوا ينقبون على البترول فى حاسى مسعود على طريق القوافل ما بين توجورت وفورت لاليماند Fort Lallemand . وعلى المدى الطويل تسببت هذه المياه فى بعض المشاكل بالنسبة لحفارى البترول إلا أن هذه المشاكل كانت أقل أهمية إذا ما قورنت بما أضافته هذه المياه من مساحة ٢٣٢٠ كيلو مترا مربعا (٩٠٠ ميلا مربعا) حفرت بها أكثر من ٤٨ بئراً منتجة للبترول منذ أول نجاح للعثور عليه فى ١٥ يونيو ١٩٥٦ . (أكتشفت قبل ذلك بعض آثار الغاز على هوامش جبل برجه Djebl Berga على بعد ١٠٠ كيلو مترا (٦٠ ميلا) جنوب عين صالح) . ويوجد الآن فى هذا الجزء من شمال إفريقيا الصحراوية ، أربعة مناطق رئيسية لانتاج البترول تربطها بالساحل شبكة من خطوط الأنابيب والطرق ، تنتج البترول ثلاثة مناطق منها هى : إدجيلا — زارزتين Edjeleh - Zarzaitine وحاسى مسعود وزلطن Zelten (فى ليبيا) ، أما المنطقة الرابعة وهى منطقة حاسى رمل Hassi RMel فتنتج البترول والغاز . ولقد حولت هذه الحقول ، بالاضافة إلى حقول الشرق الأوسط ، إمكانيات الصحراء الأفروآسيوية ، فأعطتها منافساً مباشراً للزراعة والرعى مع أزدياد فى الأهمية العالمية أكثر منها بالنسبة للأسواق المحلية أو مجرد الأقتصاد المعيشى الذى تعيشه هذه المنطقة .

وأثناء ثورة البحث عن البترول فى صحراوات العالم القديم حدث تحول كبير فى النظرة إلى المناطق الجافة ، كما كان الحال فى صحارى أمريكا الشمالية منذ أكثر من مائة عام . ولقد أغرت دلائل وجود ثروات معدنية أخرى فرق المسح والتنقيب لتحديد مدى أمتداد وحجم خامات الحديد والرصاص والقصدير والنحس التى تم الكشف

عنهما وكـذلك التأكـد مما كتب من تقارير عن وجـود خامـات الاسبستـوس والنيكـل والبلاتين واليورانيوم ، ففى موريتانيا وعلى بعد يزيد عن ألف ميل إلى الجنوب الغربى من حقول البترول فى الصحراء الكبرى توجد بلدة زويرات Zouerat الجديد التى أنشئت لاستغلال الاحتياطى الكبير من خام الحديد على الحدود ما بين موريتانيا وريو أورو . وقد تطلب مشروع بهذه الضخامة ميكنة شاملة لكافة مراحل الاستغلال ، بالاضافة إلى مد خط حديدى بطول ٤٠٠ ميلا عبر منطقة شديدة التضرس تضم حافة عالية يبلغ أرتفاعها ٣٠٤ مترا (١٠٠٠ قدم) ، إلى جانب الكثبان والغطاءات الرملية .وتبلغ طاقة هذا الخط ٢٠ ألف طن يومياً ، وينتهى فى منطقة تم توسعها وتطويرها عند بورت إتين Port Etienne وغير ذلك ، فهناك بعض الواحات الصناعية مثل كولمب بيشار Colomb Bechar ، والتى تم عن التناقص التام للصورة التقليدية لصحارى شمال إفريقيا . وهناك حاسى مسعود التى تقع وسط حقول البترول ، والتى خططت كى تتسع لما يزيد عن ٢٠ ألف نسمة ، وذات الشوارع المشجرة بالنخيل والمزودة بأحواض المباحة التى تستفيد من كميات المياه الوفيرة الموجودة على عمق تسعة أمتار (٣٠ قدم) من سطح الأرض . وكان من نتيجة الخبرة بالمناطق الجافة بشمال أفريقيا أن يتوقع المرء ميل المخططين لمراعاة ظروف البيئة المحلية الجافة ، والتوافق معها ، بدلا من تقليد الأسلوب المعمارى للمناطق الرطبة كما حدث فى المحلات الصحراوية فى كل من « رينو Reno » و « لاس فيجاس Las Vegas » بالولايات المتحدة الأمريكية .

ولقد قيل إن مستقبل الأراضى الجافة يتمثل فى النمو العمرانى الصناعى الذى يعتمد على السلع الغذائية المستوردة .(١) فقد يكون من الأجدى أستغلال الأراضى فى بناء المدن الصناعية عندما يكون الماء شحيحا حيث لا يتعدى أستهلاك الفرد الواحد منه

---

(1) Sir L. Dudley Stamp, 'Urbanisation in Arid Lands' (in) Land Use in Semi Arid Mediterranean Climates (1964). UNESCO, Arid Zone Research XXVI, pp. 167 8,

٤٥٤ لترا (١٠٠ جالون) فى المتوسط حتى مع ما يستخدمه فى رى الحدائق ، وهو قدر أقل مما تتطلبه أحتياجات رعى الماشية أو الزراعة على وجه الخصوص . ويمكن أن تكون ظروف المعيشة فى المناخات الحارة الجافة مثالية أيضا إذا ما توافرت الكميات المناسبة من المياه ، هذا ويمكن ممارسة أوجه النشاط الأقتصادى بصورة أفضل فى ظل أستخدام مبردات الهواء عن إستخدام وسائل التدفئة الشتوية . ورغم ذلك فهناك بعض المشاكل القائمة كالتخلص من فضلات الإنسان والمخلفات الصناعية التى تتطلب كميات كبيرة من المياه مالم تنشأ المعامل الباهظة التكاليف بهدف تحويل هذه الفضلات والمخلفات كيميائيا للأستفادة بها . كذلك قد يكون هناك نوع من التنافس على أستخدام المياه بين الأغراض المنزلية والأغراض الصناعية ، أو قد تكون المنافسة بين المدن المتجاورة على كميات المياه الموجودة كما هو الحال فى جنوب كاليفورنيا . فهناك مدينة لوس أنجلوس التى أستطاعت إبعاد المجمعات السكنية الأصغر ، عن مصادر المياه التى كانت تعتمد فى الحصول على أحتياجاتها منها على جبال سير أنيفادا وفى وادى أوينز Ouens Valley ؛ ونتيجة لهذا فقد أصبحت تلك المجمعات الحضرية الصغيرة جزاء من مركب مدينة لوس أنجلوس التى زاد من سيطرتها على تلك المجمعات الأصغر مقدرتها على مدها بالمياه اللازمة فى الأغراض الصناعية ، ورغم ذلك فهناك حد لا مكانية مثل هذا التجميع العمرانى مادامت الموارد المائية محددة .

وقد أتضحت مثل هذه المشكلات فى ثالث مدن المكسيك الكبرى التى تبعد عن المراكز السكانية الرئيسية الأخرى التى تقع فى المنطقة الشمالية شبه الجافة فى أتجاه الحدود مع تكساس. وقد أتخذت مدينة مونترى «Monterrey» التى بدأت بأستيطان أثنتا عشرة أسرة أسانية عام ١٥٩٦ أسلوبا مغايراً، متأثرة بالكوارث الطبيعية كالفيضانات والأمراض وبغارات الهنود المكسيكيين؛ حتى تم ربطها فى عام ١٨٩٠ بالخطوط الحديدية بكل من الولايات المتحدة الأمريكية، ومدينة مكسيكو العاصمة، وبميناء تامبيكو Tampico على خليج المكسيك، فأصبحت مدينة مونترى بفصل خطوط المواصلات هذه، ورغم

قسوة البيئة الطبيعية والأجتماعية المحيطة بهذا المركز الصناعى الرئيسى فى المكسيك . مستخدمة فى ذلك المياه التى تنقل إليها بواسطة الأنابيب عبر الصحراء ، وذلك بإقامة المولدات الكهربية العديدة . بل وأصبحت مدينة مونترى مركز إنتاج الحديد والصلب فى المكسيك ، وذلك بفضل رخص الغاز الطبيعى الذى ينقل إليها من تكساس ، وتقدم عمليات هذه الصناعة الجديدة . وهناك العديد من الصناعات الحديثة التى لا تستهلك كميات كبيرة من المياه حيث وقفت مشكلة توفيرها عقبة فى سبيل استمرار التوسع الصناعى بنفس المستوى السابق . وقد أرتبط بهذه المشكلة البيئية لمدينة مونترى مشكلات إجتماعية نتجت عن زيادة العمران ، فى مناطق فقيرة تعتمد على نوع من الاقتصاد المعيشى .

وبمقارنة مدينة مرنترى بظهيرها شبه الجاف ، فقد كانت الرغبة فى الحصول على أجر أعلى دافعا لجذب عدد كبير من السكان الريفيين فى صورة هجرات ريفية كبيرة من ولايتى « نوفاليون Nueva Leon » و « كويلا Coahuila » إلى مدينة مونترى . فلم تبلغ نسبة العاملين فى قطاع الزراعة بولاية نوفاليون أكثر من ٢٢ ٪ من جمله سكانها ، وهى أقل نسبة فى الولايات المكسيكية ، وسوف تستمر هذه النسبة فى الانخفاض نتيجة هجرة خمسة آلاف نسمة سنويا من المراكز الريفية إلى مدينة مونترى وغيرها . وهنا يواجه المهاجرون المشكلات الاجتماعية التى يمكن ملاحظتها فى المدن الأخرى بالمناطق الجافة ، خاصة فى تلك المدن التى لم تتطور بها الصناعة بالقدر الذى بلغته فى مدينة مونترى . وبالنسبة لكثير من الدول النامية التى وجدت حظها فى الكشف عن البترول الذى لا تتطلب صناعته عمالة كبيرة مع وجود معامل التكرير المحلية ، كان هناك تطور واسع فى صناعات الخدمات (التى تعرف أحياناً بأنشطة الدرجة الثالثة) بالنسبة لاستخراج البترول وهو النشاط الأول من حيث الدرجة ، دون إدخال القطاع الثانى من العمل الصناعى فى الاعتبار ، أو تحسين الزراعة بأستخدام الرى أو بإدخال المحاصيل والوسائل الزراعية البديلة .

ويبدو نفس هذا الأتجاه فى كثير من مدن شمال إفريقيا والشرق الأوسط كالجزائر ووهران وتونس ، غير أن أحدث هذه النماذج هو ما يوجد فى ليبيا حيث أصبح كل فرد يسعى إلى الحياة فى المدينة ، وترك الريف بثرواته شبه المؤكدة دون ما أستغلال ، تلك الثروات التى أستغلت قبل ذلك على نطاق واسع أيام الرومان واليونان ، وكما أستغلت حديثا بواسطة مشروعات الاستيطان الايطالى . ويمكن بطوير تربية الأغنام وزراعة القمح والخضر وأشجار الخشب والفاكهة والكروم الذى تقوم عليه صناعة الخمور المحرمة فى الديانة الاسلامية التى يدين بها الليبيون) ، حيث توجد الينابيع الدائمة يمكن ضخ كميات كافية من مياهها بواسطة الأنابيب أو الحصول على هذه المياه الأرضية بحفر الآبار . وكما هو الحال فى المناطق الريفية حول نوفاليون بالمكسيك ، فأن هناك تياراً دائماً من الهجرة نحو المدن الساحلية مثل بنغازى وطربلس وإلى البيضا العاصمة الجديدة فى إقليم طرابلس(١) . وهنا تظهر أحياء الأكواخ والعشش على حواف وهوامش الأحياء الإدارية والتجارية والعمارات الضخمة حيث يبلغ من شدة التكالب على الأرض أن يرتفع ثمن المتر المربع الواحد إلى سبعين جنيها استرلينيا فى مناطق الجذب السكانى . ويعيش فى هذه الأكواخ والعشش أعداد متزايدة من العمال الزراعيين المعدمين المهاجرين ، وتتعاظم أعداد هؤلاء فى سنوات القحط والجفاف ولقد أصيب كثير من الواحات الصغرى وخاصة فى أقليم فزان بنوع من عدم التوازن فى التركيب الجنسى والعمرى لسكانها حيث يهاجر الشباب منهم إلى المدن الساحلية تاركين النساء والمسنين لممارسة الأعمال الزراعية التقليدية . وتتزايد المشكلة فى ليبيا كما هو الحال فى العالم القديم كله نتيجة التحول من الحياة البدوية القبلية إلى الأعمال المستقرة . ورغم ذلك فقد ثبت على ما يبدو أن البدوى أقل قابلية للتكيف من الزارع المستقر فى مواجهة مشكلات أكتساب الخبرات الفنية واليدوية . وكما يتضح فإنه على

---

(١) تقع مدينة « البيضاء » فى إقليم برقة وليس فى إقليم طرابلس كما ذكر المؤلف ، كما أنها لم تعد عاصمة ليبيا منذ قيام ثورة الفاتح من سبتمبر عام ١٩٦٩ التى أتخذت من طرابلس عاصمة للجمهورية العربية الليبية . المترجم .

الرغم من الثروة الكبيرة المتاحة لليبيا من مواردها الطبيعية ، فإن خطة التطوير بها وقد خصص لها ٧٠ ٪ من عائدات البترول نتجه نحو إنشاء المدن دون الأهتمام بالأنشطة الصناعية والريفية التى يجب الاعتماد عليها قبل غيرها فى التنمية الاقتصادية والأجتماعية .

ولقد ساعد الحصول على المياه فى أو ارجلا Onargla بالصحراء الجزائرية من بعض المصادر الارتوازية التى تقع على عمق ٢١٩ مترا (٤٠٠٠ قدم) من سطح الأرض ، على بعث واحة قديمة كان نخيلها فى طريقه إلى الاندثار والموت ، وكانت أراضيها مرتعا للقطعان التى يمتلكها الرعاة من البدو ، فقد زرع النخيل بها من جديد كما خصص جزء أكبر من أراضيها لزراعة الخضر والحبوب . ولقد أتضحت هذه المشكلة بصورة قوية فى الكويت أغنى مشيخات العالم ، التى كانت تعتمد فى دخلها الضئيل على العوائد والمكوس التى كانت تجبى من شواطئها على الخليج العربى . وكان شعب الكويت يعيش فى مستوى شبيه يبدو الصحراء الذين أنحدروا منهم أصلا ، وذلك منذ بداية الاستقرار الأول فى مطلع القرن الثامن عشر وحتى بداية الخمسينات من القرن العشرين . إلا أنه بين عشية وضحاها أرتفع دخل الكويت السنوى إلى ٥٠ — ٦٠ مليون جنيها استرلينيا من البترول . وقد أنعكست هذه الثروة الكبيرة على تكوين إجتماعى إقطاعى يتكون أساساً من الأسرة الحاكمة والتجار ثم أفراد الشعب ؛ وقوة الحاكم مطلقة فى هذا النظام ، كما جمع التجار الثروات الكبيرة التى أمدتهم بقوة متوازنة فى هذا التنظيم الاجتماعى معتمدين فى ذلك على قدرة الشعب الملاحية ، وقد تغيرت القوة الأقتصادية فى المجتمع الكويتى حيث أعتبرت عائدات البترول من مخصصات الحاكم ، ولقد كان من حسن الحظ أنه قرر أستخدام هذه الثروة فى سد الشروريات وإلى حد كبير فى التغيير الأجتماعى لوطنه . فحلت العمارات والمنازل محل بيوت الطين ، كما حلت الشوارع الدائرية والشوارع ذات الاتجاه الواحد ، محل الأزقة والشوارع الضيقة . وإلى جانب ذلك فهناك التعليم الشامل وخاصة الفنى منه ، ومع تطور الصناعة جاء تشغيل شعب المشيخة الذى يحصل على حاجته من المياه بواسطة

مشروع تقطير مياه البحر ذى الأربعة مراحل الذى يعتمد فى طاقته على الغاز الطبيعى . وهناك فى الكويت إدراك للمشكلات التى يمكن أن تنجم عن هذه الثروة الاقتصادية ، مالم تتغير أحوال المجتمع بنفس السرعة . وحتى فى الكويت وعلى الرغم من ذلك ، فقد توجد بعض المشاكل التى قد تتعاظم بظهور فئات إجتماعية جديدة يعارض بعضها صورة المجتمع القديم ، ويعارض بعضها الآخر غيره من الفئات الأجتماعية . ويمكن لبعض هذه المشاكل أن تتضخم فى كافة البلاد المنتجة للبترول فى الأراضى الجافة من العالم القديم بأنخفاض كميات البتورل (ماذا يمكن أن يحدث لموارد المياة فى الكويت) أو إذا توفر البترول فى القريب العاجل من مصادر أقل بعدا عن أوربا كمنطقة بحر الشمال . ويمكن أن يؤدى أستخدام مصادر أخرى لطاقة مثل الطاقة الذرية إلى عواقب وخيمة على الأقطار المنتجة للبترول بالصحراء الكبرى والشرق الأوسط . وقد يكون الضمان الوحيد لمواجهة الكوارث الاقتصادية والاجتماعية الناجمة عن ذلك هو فى أستثمار عائدات البترول فى صور أستغلال الأراضى التقليدية ، مثل توفير المعدات الحديثة للزراعة فى أراضى الأنهار أو الواحات ، أو توجيهها لتحسين ظروف الرعى وتطوير الصناعات الغذائية .

ويتنوع النشاط الاقتصادى فى بعض مناطق الأراضى الجافة فى الوقت الحاضر ويتضح ذلك جيداً فى صحراوات أمريكا الشمالية . فقد تطورت الزراعة ، والرى والصناعة ، والعمران ، كما نشطت السياحة ومرافق الاستجمام . كل ذلك جنبا إلى جنب ، وبصورة متضافرة مستخدمة فى تحقيق هذه الأهداف أفضل الفرص المتاحة لاستغلال ما يمكن أن تقدمه الأراضى الجافة من إمكانيات . وتتمثل مفاتيح التقدم فى مستقبل الأراضى الجافة فى البحث المتواصل فى مصادر الطاقة الحديثة ، ووسائل الرى ، وأساليب التخلص من ملوحة المياه . وينبغى أن يتم ذلك فى إطار إجتماعى صحيح تحل فيه مشاكل أسس التملك التى عاقت التطور الأقتصادى فى الأراضى الجافة من العالم القديم لفترة طويلة . كما ينبغى أن يكون لدى كل عناصر المجتمع إحساس

بالهدف المنشود سواء أكان ذلك بإعطاء الفرصة لكل فرد بتنمية ثرواته وفق ما تسمح به إمكانياته كما هو الحال فى الولايات المتحدة الأمريكية (النظام الرأسمالى) أو كان ذلك فى ظل الاقتصاد الموجه من قبل السلطة كما هو الحال فى جمهوريات الاتحاد السوفيتى .

ومن ثم يتضح أن أستخدام العلم والتكنولوجيا فى استغلال الأراضى الجافة ليس إلا عنصرا واحدا فى نجاح معيشة الإنسان فى هذا النطاق الجاف . كما أن أستخدام الطاقة الشمسية ، وإعداب مياه البحار والمياه الجوفية ، والتوصل إلى أسلوب معمارى جديد ، وظروف سكنى تلائم البيئات الحارة والجافة ، وإدخال محاصيل جديدة ، وتوفير سلالات حيوانية أجود ، وتطوير أساليب الزراعية والرعى ، وتقليل الأمراض والحشرات الضارة ، والقيام بمسح التربة ودراسة المناخ والنباب الطبيعى والمعادن وموارد المياه ، كل ذلك لا يعد ضمانا أكيدا لنجاح الاستغلال الاقتصادى واستمراره فى الأراضى الجافة من العالم مالم يدعم بأسلوب مناسب لمواجهة الحياة فى مثل هذا النطاق الجاف ، وذلك عن طريق التعليم والإصلاح الاجتماعى ، وأتباع نظام سياسى قويم . عندئذ ، وبمقتضى المنجزات العلمية فلربما تصل كل أجزاء العالم الجاف إلى المستوى المعيشى الذى وصلت إليه منطقة كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية .

المصادر وبعض المراجع المختارة

Addison H., 1969 Sun and Shadow at Aswan, London
— 1961 Land, Water Food, London

Ahmad, S., 1951, "Climatic Regions of West Pakistan" Pakistan Geogr. Rev., 6, 1 — 35

Al-Khashab, W H., 1958. "The water budget of the Tigris and Euphrates basin", Dept. of Geography, Univ. of Chicago. Research paper No. 54

Amiran, D. H K. 1954, "The geography of the Negev and the southern limit of seltlement in Israel, Israel Expl, Journ, 4

Antevs, E., 1954, " Climaie of New Mexico during the last glacio pluvial", J. Geol.. 62 182 — 91

Arbos, P., 1923. 'The geography of pastoral life', Geogr Rev., 13 559 — 75

Awad, M., 1954. "The assimilation of Nomads in Egypt", Geogr Rev., 44, 240 — 52

Bagnold, R. A, 1941, The physics of Blown Sand and Desert Dunes London

Bagnols, F., 1957, "Le climats biologiques et leur classification", Annls. Geogr., 66, 193 — 220

Bagot-Glubb, Sir, J., 1960, War in the Desert, London

Barbour, K.M. 1959, "Lrrigation in the Sudan" Trans. Inst. Br. Geogr., 26, 243 — 63

Barth, F., 1960, "The land use pattern of migratory tribes of southern Persia", Norsk. G. Tids., 17, I — II

Beaujeu-Garnier. J., 1955, "Les oasis sahariennes" Geographia, 44, 8 — 15

Billington, R. A., 1960, Westward Expansion, London

Birot, P. and Drssch, J., 1953. La Mediterranee et le moyen Orient, 2 vols., Paris

Bjerre, J., 1960, Kalahari, London

Blache, J., 1921, Modes of life in the Moroccan countryside Geogr. Rev., 11. 477 — 502

Blackwelder, E., 1931, 'Rock cut surfaces in desert ranges J. Geol., 20 442 — 50

Blum, H. F., 1945, "The physiological effects of sublight on man", physiol. Rev., 25, 483 — 530

Bosazza, V. L., 1954, "Problems of water supply in the ark areas" Geogr, J., 120. 119 — 22

Bovill, E. W., 1933, Caravans of the Old Sahara, London
1958 The Golden Trade of the Moors, London

Bowman, I., 1924, Desert Trails of Atacama, Am Geogr. Soc New York
1935, "Our expanding and contracting desert",
Geogr Rev., 25 43 — 61

Brice, W C., "Caravan ltraffic across Asia", Antiquity, 28, 78 — 84

Brown, R. M., 1927, "The utilisation of the Colorado river",
Geogr Rev., 17, 452 — 66

Bryan, K., 1927, "Persistence of features in arid landscape", Geogr. Rev, 17, 251 — 57
1935, "The Formation of Pediments", Rept. 10th lnt;
Geol, Cong., Pt. 2, 765 — 75
1940, 'The retreat of slopes, Ann. Ass. Am Geog.,
30, 254 — 68

Butzer, K. W., 1964, Enviroument and Archaeology, London

Calder, R, 1951, Men Against the Desert, London
Oapot-Rey, R., 1953, Le Sahara Francais, Paris
Carey, P.C. and A.G., 1960, "Oil and economic development in Iran, Pol. Sci Quart, 75, 66 — 86
Chapelle, J., 1958, Nomades noirs du Sahara, Paris
Chapman, V. J., 1969, Salt Marshes and Salt Deserts of the World, London
Church, R. J. H., 1901 "Problems and development of the dry zone of West Africa", Geogr J., 127, 187 — 204
Clark, J. I., 1959, "Studies of semi-nomadism in north Africa", Econ. Gecgr., 35, 05 — 108
1963, "Oil in Libya : some implications", Econ.
Geogr.39, 40 — 59
Cloudsley-Thomson, J. L. (Ed.), 1954, Biology of Dlserts. Institute of Biology, London
Cloudsley-Thomson, J L. and Chadwick, M. J.), 1964, Life in Deserts. London
Cloudsley-Thomson, J. L., 1965, Desert Life, London
1960, The Australian Environment. 3rd ed. Revised. C.S.I.R.O. London and Melbourne
Cotton. C.A. 1942. Climatic Accidents in Landscape Making. Christchirch
Crary, D. D., 1951, "Recent agricultural developments in Saudi Arabia", Geogr. Rev., 41, 366 — 83
Cressey G. B., 195/, "Water in the Desert", Ann. Ass. Am. Geog. 47, 105 — 24
1959, 'Deserts in Asia., Prcc. I.G.U. Reg. Cong. in
Japan, 1957, 109 — 12

1960, Crossrcads Land and Life in South-west Asia, Philadelphia

Crowley F. K, 1950, Australia's Western Third, London

Davis, W, M, 1905, 'The geographical cycle in an arid climate, J. Geol, 13, 381 — 407

1931, 'Rock floors in arid and in humid climates', Jl. Geol., 38, 1-27, 136 — 57

Debenham, F, 1953, Kalahari Sand, London

Dickson, H.R.P., 1956 Kuwait and Her Neighbours, London

Doughty, C. M., 1926 Wancerings in Arabia, London

Dresch, J., 1966 'Utiliration and human geography of the deserts', Trans. Inst. Br. Geogr, 40, I — 10

Farmer, B. H., 1954, 'Problems of land use in the dry zone of Ceylon', Geogr. J., 120 21 — 33

Field, N. C., 1954, 'The Amu Darya : a study in resource geography, Geogr Rev. 44, 528 — 42

Fisher, W. B., 1053. The Middle East, London

Fuller, M. C., 1924, 'Loess and rock dwellings of Shensi China', Geogr, Rev., 14, 215 — 26

Gaitskell, A., 1959, Gezira, London

Gautier, G. F. 1923, Le Sahara, Paris

1926, 'The Ahaggar : heart of the Sahara, Geogr. Rev., 16, 378 — 94

Glueck, N., 1959, Rivers in the Desert, New York

Gcetzmann, W. H, 1959, Army Exploration in the American West 1803 - 1863, Yale and London

Gottmann, J, 1938, L'homme, la route et leau en Asie sud-occidentale', Annls. Geogr., 47, 575 — 601

Grove, A. T. 1960, 'The geomorphology of the Tibesti region', Geogr, J., 126. 18 — 31

Hamming, E., 1958, 'Water legislation', Econ. Geogr., 34. 42 — 46

Harris, W. B., 1897, 'The nomadic Berbers of Central Morocco', Geogr. J., 633 — 45

Hellstrom, B., 1953, 'The ground-water supply of north-eastern Sinai', Geografiska Annaler 35, 61 — 74

Hills, E. S. (Ed.), 1966, Arid Lands, UNESCO, London

Holm, D. A., 1960, 'Desert morphology in the Arabian peninsula, Science 132, 1369 — 79

Holmes, C. D., 1955, Geomorphic development in humid and arid regions', Am J. Sci, 253, 337 — 90

Hoover, J. W., 1931, 'Navajo nomadism', Geogr. Rev., 23, 427 — 45

Hostie, J. F., 1955, 'Problems of international law concerning irrigation of arid lands', International Affairs, 31, No. I

Houston, J.M., 1954, 'The significance of irrigation in Morocco's economic development', Geogr. J. 120, 314 — 28

Huntington, E., 1907, The Pulse of Asia, New York

1914, The Climatic Factor as Illustrated in Arid America, New York

Ives R. L., 1949, 'Climate of the Sonora desert region, Ann. Ass. Am. Geog., 39, 143 — 87

Jaeger, E. C., 1957, The North American Deserts, Stanford and Landon

Jarvis, C. S., 1938, Desert and Delta, London

Johnson, D. W., 1931, 'Plains of lateral corrasion', Soicnce, 73, 174 — 77

1932, "Rock planes in arid regions', Geogr. Rev., 22, 656 — 65

Kanitkar, N. V., 1960, Dry Farming in India, New Delhi

Keast A. (Ed., 1950, Biogeoglaphy and ecology in Australia", Monographia Biologicae VIII, The I ague

King. L. C., 1953, "Canons of landscape evolution' Bull Geol. Soc Am., 64. 721 — 52

Lawrence T. E., 1935, The Seven Pillars of Wisdom, London

Lawson, A. C., 1915. "The epigene profiles of the desert Univ. Calif. Bull., No. 9, 25 — 48

Lebon, J.H.G., 1955, "The new irrigation era in Iraq", Econ. Geogr., 31, 47 — 59

Leopold, L. B., 1951, "Pleistocene climate in New Mexico", Am. J. Sci., 249, 152 — 67

Logan R.F. 1960, The Central Namib Desert South-west Africa, Notional Research Council (Publication 758), Washington, D.C

Longrigg, S. H., 1951, Oil in the Middle East London.

Lowdermilk, W.C., 1960, "The reclamation of a man-made desert., Soientific American, 202, 55 — 63

Lydolph, P. E., 1951, "A comparative analysis of the dry western littorals", Ann. Ass Am. Geog., 47, 213 — 30

Maitland, L, 1960 Forest Venture; Conquering the Deserts of the Middle East, London

Marmer, H. A. 1951, "The Peru and Nino Currents" Geogr. Rev, 41, 331 — 8

Martin, H., 1957, The Thellering Desert, London

Martonne, E. de 1926 Wreisme et indice d'aridite, C.R. Acad. Sci (de Paris), 182. 1395 — 98
19 7, "Regions of intrerior basin drainage" Geogr.
Rev., 17, 397 — 414
Mc Gee, W. J. 1897, 'Sheetflood erosion' Bull Geol. Soc. Am 8, 87 — 112
Meigs P., 1952 Water ptoblems in the USA. Geogr. Rev., 42, 346 — 66
1953 'Design and use of homoclimatic maps, Proc
Int Symp. Desert Research, Jerusalem
1966, A Geography of Coastal Deserts, Arid Zone
Research, No, XXVIII, UNESCO, Paris
Meinzer, O.E, 1927, The occurrence of ground-woter in the United
States', Water Supply Paper 489, U.S. Geol Surv., Washington, D.C.
Merrylee, J. K., 1959, 'Water problems in the Middle East, J Cent Asian Soc., 46, 39 — 45
Miller A.A. 1931, Climatology, London
Mmod. T., 1958, 'Majatat al-Koutra, Memoire de FIEAN 25 141 — 50
Morris J., 1961, Masters of the Desert, 6,000 Years in the Negev, New York
Murdcck, G P, 1960, Staple Subsistence crops in Africa, Geogr. Rev., 50, 523 — 40
Murray, G.W, 1955, 'Water from the desert : some aucieut Egyptian achieveuents, Geegr. 121, 171 — 81

Nicolaisen, J., 1954. Some aspets of the problem of nomodiccatttle bresding among the Tuareg of the central Sahara". G. Tids. Copenhagen, 53, 62 — 105

Nixon R. W. 1952 "Ecological study of the date varieties in French North Mfrica" Eoology, 33, 215 — 25

Osborn, F., 1954, The Limits of the Earth, London

Paver G. L., 1947, "Water supply in the Middle East Campaign", Water and Water Engineering 94, 653 — 62

Peel, R. F., 1960, "Some aspeots of desert geomorphology", Geogr., 45, 241 — 62

1966, "The landscape in aridity", Trans Inst. Geogr., 38, 1 — 23

Petrov, M. P. 1962 "Types de deserts de l'Asle Centrale" Annls Ceogr. 384, 131 — 55

Philby, H. St. J. B., 1962, Arabian Iighlands, London

Poquet J., 1963, Les Deserts, "Que Sais-Je ?", No 500, paris

Powell j.W. 1878. "Report of the lands of the Arid Regions of the US with a More Detailed Account of the Lands of Utah" 45th Cong. 2nd Session. House Ex. Doc. 73, Washington, D.C.

Powers, W.C., 1954, "Soil and land-use capabilities in Iraq", Geogr. Rev., 44, 373 — 80

Prenant, A, 1953, "Facteurs du peuplement d'une ville d'Algerie interieure", Annls. Geogr., 62. 434 — 51

Rainey, R. C. 1951, "Weather and the movement of locust swarms, a new hypothesis", Nature, 168, 1057 — 60

Reifenberg, A., 1955, The Struggle Between|the Desert and the Sown, Jerusalem

Rich. J. L., 1935, 'Origin and evolution of rock fans and Pediments' Bull. Geol. Soc. Am 46., 999 - 1024

Ross, C. G., 1960 'Reducing walsr loss in South Australia', Geogr., 45, 297 — 99

Roy, J. M., 1954, 'La Grnde Vallee de Californie, Canadian Geogr., 4, 63 — 76

Rudolph, W. E., 1927, 'The Ria Loa of Northern Chile, Ceogr. Rev, 17, 553 — 85

1951, 'Chuquicamat, twenty years later', Geogr, Rev., 41,88 — 113

Russell R. J., 1945, 'Climates of Texas', Ann Ass. Am. Geog., 35. 37 — 52

Sanger R. H., 1954 The Arabian Penlnsula, Ithaca

Sauer C. O., 1952, Agricultural Origins and Dispersals Am. Geog. Soc., New York

Schulze B. R., 1947, 'The climates of South Africa according to the classifications of Koppon and Thornthwaite, S. Afr. geogr. J., 29, 32 - 102

Semple E.| C. 1931, Domestic and municipal waterworks in Ancient Mediterraueen laods, Geogr. Rev, 21, 466 — 74

Shapley, H. 1953 Clinatic Change Evidence Causc and Effects, Cambridge, USA

Smith T.C., 1960, Aspects of agriculture and sttlement in peru, Geogr. J., 126.|397 — 412

Sykes, G., 1927, The Camino del Diablo, Geogr Rev., 17, 62-74

Subrah Manyam U P; 1956 'The water balance of India Ann. Ass. Am. Geog., 46. 300 — II

Suslov, S. P., 1961, physical Geography of Asiatic Russia, London

Taylor, G., 1918 The Australian Environment Melbourne

1939 "Sea to Sahara - settlement zones in eastern
Algeria", Geogr. Rcv., 29, 177 — 95
1940, Australia, lst ed, London
Thesiger, W., 1959, Arabian Sands, London
Thomas. RE., 1957. 'Trade routes ef Algeria and the Sobra
Univ of California publications in Geegraphy, 8, 165 — 288
Thomas, W.L., 1959, 'Man, and space in southern
California, Ann. Ass Am. Geog., 49, 1 — 120
1960, Competion for a desert lake : the Salton sea,
California, Abst Papers XIX I.G.C. Nordeu
Thornthwaite, C. W., 1948, 'An approach towards a rational
Classification of climate, Geogr. Rev., 38 55 — 94
Tothill, J. D.., 1948, Agriculture in the Sudan, London
Tricart J. and Cailleux, A., Le modele des regions seches, paris
UNESCO, Arid Zone Research, Paris, 1953 :
Vol I : Arid Zone Hydrology - Reviews of Research
II : Arid Zone Hydrolo gy - prceeedings of the Ankara
Symposium
III : Directory of Iustitution Engaged in Arid Zone
Research
IV : Utilisation of Saline Water - Reviews of Research
V : Plant Eoology - Proceedings of the Montpellier
Symposium
VI : plant Ecology - Reviews of Rosearch
VII : Wind and Solar Energy - Preceeding of the new
Delhi Symposium
VIII : Human and Animal Eoology - Reviews of Research
— IX : Guide Bock to Research Data for Arid Zone Development

— X : Climatology - Reviews of Research
— XI : Climatology and Microclimatology - Proceedings of the Canberra Symposium
— XII : Arid Zone Rssearch - Recent Developmbts
— XIII : Medicinal Plants of the Arid Zones
— XIV : Salinity Problems in the Arid Zones
— XV : Plant - Water Relationships in Arid and Semi - Arid Conditions
— XVI : Plant - Water Relationships - Reviews of Research
— XVII : (Ed. Stamp, L. D.), A History of Land Use in Arid Regions
XVIII : Problems of the Arid Zone — Prceedings of the Paris Symposium
— XLX : Nomades et Nomadisme au Sahara
— XX : Changes of Climate. Proceedings of the Rome Symposium
— XXI : Bicclimate Map of the Mediterranean Zone and Explanatory Note
— XXII : Environmental Physiology and Psychology in Arid Conditions - Reviews of Research
— XXXIII : Agricultural Planning and Village Community in Lsraef
— XXIV : Environmental Physiology and Psychology in Arid Conditions
— XXV : Methodology of Plant Eco-Physiology - Proceedings of Montpelller Symposium
— XXVI : Land Use in Semi - Arid Mediterranean Climates
— XXVII : Evaporation Reduction

— XXVIII : Meigs, P., A Geography of Coastal Deserts

Verlet, B., 1962 Le Sabars 'Que Sais - Je ?, No. 766, Paris

Wadham, S., 1957, Land Utilisation in Australia, Melbourne

Walther, J., 1924. Das Gesetz der Wustenbildung. Leipzig

Walton, K., 1952, 'The oasis of Jalo', Scot. Geogr. Mag., 68, 110 — 19

Walton, K., (with Gimingham, C. H.), 1954, Environment and the Structure of Scrub Communities on the Limestone plateaux of Northern Cyrenaica, Ecology, 42, 505 - 20

Wayland, E. J., 1953, 'More about the Kalahari, Geogr. J, 119, 49 - 56

Weuleksse, J., 1946, Paysans de Syrie et du proche - Orient (Les Paysans de la terre) Paris

White, G. F. (Ed.) 1956, The Future of Arid Lands, Pubn. No. 43, Am. Ass Adv. Sci., Washington

Whyte R. O., 1960, Crop Production and Environment, London

ohary, M., 1962, Plant Life of Palestine, New York

فهرس الأشكال

الرقم		الصفحة
١	توزيع درجات الجفاف ، وأحواض التصريف الداخلى ومناطق الجريان السطحى المنتظم :	٢٧
٢	خزان رومانى فى منطقة الصمصاف بالقرب من شحات (قورينى) بالجبل الأخضر ، شمال إفريقيا :	٧٩
٣	حافة وادى عراك Wadi Arak على هوامش كتلة الحجار فى صحراء شمال أفريقيا	٩٤
٤	سيوة وتضاريس القسم الغربى من صحراء شمال إفريقيا	١١٤
٥	قطاعات للتربة على طول خط يمتد من الشمال الشرقى إلى الجنوب الغربى فى الولايات المتحدة الأمريكية	١٢٣
٦	أثر التضاريس على أنماط التربة فى منطقة بيج هورن Big Horn فى ويومنج Wyoming بالولايات المتحدة الأمريكية	١٢٦
٧	توزيع التربات الملحية	١٢٩
٨	مناطق توالد وهجرة الجراد الصحراوى فى فصلى الشتاء والصيف ، ١٩٦٨	١٤٨
٩	أ ـــ مشروعات الرى المقترحة فى حوض السند الأعلى بالأضافة إلى شبكة قنوات الرى القديمة فى أرض الأنهار الخمسه : ب ـــ المناطق المروية والمزمع ريها فى حوض السند :	١٨٥
١٠	- وسائل الرى فى إيران :	٢٠٣
١١	-- نموذج لحديقة فى واحة جالو ، برقة :	٢١٦

محتويات الكتاب

الصفحة

		الصفحة
	تقديم .	
١	طبيعة وأسباب الجفاف :	١٥
٢	أنواع المناخ فى المناطق الجافة :	٤٣
٣	مورفولوجية الأراضى الصحراوية :	٨٣
٤	الجغرافيا الحيويه للأراضى الجافة :	١٣٣
٥	مصادر المياه فى المناطق الجافة :	١٦٣
٦	الزراعة فى الأراضى الجافة :	١٨٩
٧	الرعى ـــ الحرفة الأساسية فى المناطق الجافة :	٢١٤
٨	- مستقبل الأراضى الجافة :	٢٣٨
٩	- المصادر ومراجع مختارة :	٢٥٤

رقـــم الايـــداع ٢٣٩٦ / ٩٠

الترقيم الدولى ٠ ـ ٥٤٦ ـ ١٠٣ ـ ٩٧٧

رواى RAWAY للطباعة

[illegible] شارع عمر بن عبد العزيز ـ [illegible] ـ الاسكندرية